

FINAL PROJECT - RC 145501

**THE PLANNING OF BANDAREJO CASUAL
FLATS MULTI-STOREY BUILDING
WITH INTERMEDIATE MOMENT FRAME SYSTEM BEARERS METHOD
USING GIRDER AND PRECAST PLATE**

**ALIEFIA DHANI RACHMA RAHASTUTI
NRP. 3112 030 006**

**SAFIRA RAMADHANI
NRP. 3112 030 044**

**Dosen Pembimbing
Ir. IBNU PUDJI R, MS
NIP. 19600105 198603 1 003**

**DIPLOMA 3 CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT
RUMAH SUSUN SEDERHANA SEWA (RUSUNAWA) BANDAREJO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
MENGUNAKAN BALOK DAN PELAT PRECAST**

**ALIEFIA DHANI RACHMA RAHASTUTI
NRP. 3112 030 006**

**SAFIRA RAMADHANI
NRP. 3112 030 044**

**Dosen Pembimbing
Ir. IBNU PUDJI R, MS
NIP. 19600105 198603 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT
RUMAH SUSUN SEDERHANA SEWA (RUSUNAWA)
BANDAREJO DENGAN METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
MENGUNAKAN BALOK DAN PELAT PRECAST**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik

pada

Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun Oleh :

Mahasiswa 1



ALIEFIA DHANI R.R.

Nrp. 3112 030 006

Mahasiswa 2



SAFIRA RAMADHANI

Nrp. 3112 030 044

Disetujui oleh :
DOSEN PEMBIMBING



Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

NIP. 19600105 198603 1 003

03 JUL 2015

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT
RUMAH SUSUN SEDERHANA SEWA (RUSUNAWA)
BANDAREJO DENGAN METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH MENGGUNAKAN
BALOK DAN PELAT PRECAST**

Dosen Pembimbing	: Ir. Ibnu Pudji R, MS : 19600105 198603 1 003
Mahasiswa 1	: Aliefia Dhani Rachma Rahastuti : 3112 030 006
Mahasiswa 2	: Safira Ramadhani : 3112 030 044
Jurusan	: Diploma III Teknik Sipil

Abstrak

Rumah Susun Sederhana Sewa Bandarejo Surabaya berada di Jalan Bandarejo, Sememi, Surabaya. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT), diketahui bahwa gedung dibangun di atas tanah dengan kondisi sedang. Dalam perhitungan beban gempa rencana menggunakan metode respons spektrum.

Peraturan yang digunakan adalah standart desain yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 03-1726-2012, SNI 03-1729-2002, SNI 03-2847-2013, PPIUG 1983, dan PKKI NI-5. Berdasarkan perhitungan gempa, Rusunawa Bandarejo termasuk dalam kategori desain seismik C sehingga analisa strukturnya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Struktur utama pada gedung (balok, sloof, dan kolom) dan komponen sekunder (pelat dan tangga) menggunakan struktur beton bertulang. Pada atap menggunakan struktur beton

bertulang. Struktur bawah (poer dan sloof) dari bahan beton bertulang, serta menggunakan tiang pancang untuk pondasinya. Untuk balok dan pelat pada daerah hunian menggunakan metode precast. Hasil dari bangunan tersebut mampu menahan gaya-gaya yang terjadi pada bangunan antara lain gaya-gaya yang terjadi akibat beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

Kata Kunci : SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dan Beton Precast

THE PLANNING OF BANDAREJO CASUAL FLATS MULTI-STOREY BUILDING (RUSUNAWA) WITH INTERMEDIATE MOMENT FRAME SYSTEM BEARER METHOD USING GIRDER AND PRECAST PLATE

Lecture	: Ir.Ibnu Pudji R, MS. : 19600105 198603 1 003
Student 1st	: Aliefia Dhani Rachma Rahastuti : 3112 030 006
Student 2nd	: Safira Ramadhani : 3112 030 044
Department	: DIII Civil Engineering

Abstract

Bandarejo Casual Flats takes place in Bandarejo Street, Sememi, Surabaya. According to the result of Standard Penetration Test, it is known that the building is constructed on the ground with moderate condition. In the calculation of earthquake loads is planned using spectrum responses.

The regulations used is applicable design standard in Indonesia which are SNI 03-1726-2012, SNI 03-1729-2002, SNI 03-2847-2013, PPIUG 1983 and PBBI 1971. Based on the earthquake calculation, Bandarejo Casual Flats included in seismic design category C, so that the analysis structure uses Intermediate Moment Frame System Bearer method (SRPMM).

The main structure of the building (girder, sloof and column) and the secondary component (plate and staircase) use reinforced concrete structure. On the roof uses reinforced concrete structure too. The structure in the bottom (poer and sloof) is made of reinforced concrete, and also use piling as the foundation. For the girder and the plate in the residential area is used precast method. The result of the building itself is able to withstand the forces that occur in the building, such as the forces caused by dead loads, live loads, wind loads and seismic loads.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama ucapan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesaikannya penyusunan **Laporan Tugas Akhir Terapan** dengan judul “**Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Rumah Susun Sederhana Sewa (RUSUNAWA) Jambangan Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah**”.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat bagi kami dalam menempuh jenjang Pendidikan Diploma III Teknik Sipil ITS Surabaya. Tersusunya tugas akhir terapan ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terimakasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil terutama doanya.
2. Bapak Ir. M. Sigit Darmawan, M.Sc, Ph.D. selaku Kepala Program Studi Diploma Teknik Sipil.
3. Bapak Dr. M. Muntaha, ST, MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
4. Bapak Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng, Ph.D. dan Ibu Ir. Kusumastuti, MT. selaku dosen wali kami.
5. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Disusunnya **Laporan Tugas Akhir Terapan** ini sangatlah diharapkan, semoga apa yang telah dibuat ini dapat

bermanfaat bagi para pembaca khususnya dan bagi majunya pendidikan umumnya.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna. Sehingga ucapan mohon maaf apabila dalam penyusunan **Laporan Tugas Akhir Terapan** ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu dengan rendah hati diharapkan saran dan kritik yang berguna dari pembaca.

Demikian yang dapat disampaikan, terimakasih.

Surabaya, 24 Juni 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	X
KATA PENGANTAR	X
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR TABEL	X
DAFTAR NOTASI	X

BAB I

PENDAHULUAN	X
1.1 Latar Belakang	X
1.2 Rumusan Masalah	X
1.3 Tujuan	X
1.4 Batasan Masalah	X
1.5 Manfaat	X

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA	X
2.1 Ketentuan Perencanaan Bangunan	X
2.2 Penentuan Material	X
2.2.1 Material Beton Bertulang	X
2.3 Sistem Struktur Gedung	X
2.3.1 Struktur Gedung	X
2.4 Pembebanan	X
2.4.1 Beban Mati	X
2.4.2 Beban Hidup	X
2.4.3 Beban Gempa	X
2.4.4 Beban Angin	X
2.5 Pondasi	X
2.5.1 Pengertian Pondasi	X
2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen	X
2.6.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	X
2.6.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	X
2.6.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	X

2.7	Analisa Beban Lateral atau Gempa	x
2.7.1	Pemilihan Metode Analisis	x

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1	Pengumpulan Data	x
3.2	Preliminary Desain	x
3.3	Perhitungan Pembebanan	x
3.4	Analisa Struktur	x
3.4.1	Struktur Sekunder	x
3.4.2	Struktur Primer	x
3.5	Analisa Gaya Dalam	x
3.6	Perhitungan Penulangan Struktur	x
3.7	Kontrol Persyaratan	x
3.8	Gambar Perencanaan	x

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perencanaan Awal Struktur	x
4.1.1	Perencanaan Dimensi Balok	x
4.1.2	Perencanaan Dimensi Kolom.....	x
4.1.3	Perencanaan Dimensi Sloof	x
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder	x
4.2.1	Perhitungan Pelat	x
4.2.1.1	Perencanaan Dimensi Pelat	x
4.2.1.2	Pembebanan Pelat	x
4.2.1.3	Perhitungan Penulangan Pelat	x
4.2.2	Perhitungan Tangga	x
4.2.2.1	Perencanaan Dimensi Tangga	x
4.2.2.2	Pembebanan Tangga dan Bordes	x
4.2.2.3	Perhitungan Penulangan Pelat Tangga	x
4.3	Perencanaan Struktur Primer	x
4.3.1	Perhitungan Beban Gempa	x
4.3.1.1	Input Respon Spektrum	x
4.3.2	Perhitungan Balok	x

4.3.2.1	Perhitungan Balok Memanjang	x
4.3.2.2	Perhitungan Balok Melintang	x
4.3.3	Perhitungan Kolom	x
4.3.3.1	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	x
4.3.3.2	Perhitungan Penulangan Geser Kolom	x
4.3.4	Perhitungan Sloof	x
4.3.4.1	Perhitungan Sloof Memanjang	x
4.3.4.2	Perhitungan Sloof Melintang	x
4.3.5	Perhitungan Pondasi Tiang Pancang dan Poer	x
4.3.5.1	Perencanaan Pondasi	x
4.3.5.2	Perhitungan Daya Dukung Ijin	x
4.3.5.3	Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal	x
4.3.5.4	Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang	x
4.3.5.5	Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi	x
4.3.5.6	Perhitungan Geser Satu Arah Pada Poer	x
4.3.5.7	Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer	x
4.3.5.8	Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	x
4.3.5.9	Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap	x

BAB V

PENUTUP	x
5.1 Kesimpulan	x
5.2 Saran	x

DAFTAR PUSTAKA	x
LAMPIRAN	x

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm^2)
A_{cv}	=	Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok-kolom (mm^2)
A_g	=	Luas bruto penampang (mm^2)
A_n	=	Luas bersih penampang (mm^2)
A_{tp}	=	Luas penampang tiang pancang (mm^2)
A_l	=	Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2)
A_o	=	Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2)
A_{oh}	=	Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang (mm^2)
A_s	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
A_s'	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
A_t	=	Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2)
A_v	=	Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2)
b	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm^2)
b_o	=	keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
b_w	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C	=	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
C_c'	=	Gaya pada tulangan tekan
C_s'	=	Gaya tekan pada beton
d	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

- d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
- d_b = Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
- D = beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
- e = Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi
- e_x = jarak kolom kepusat kekakuan arah x
- e_y = jarak kolom kepusat kekakuan arah y
- E_x = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X
- E_y = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y
- E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)
- I_b = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
- I_p = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
- f_c' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
- f_y = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
- f_{vy} = Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
- f_{ys} = Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
- h = Tinggi total dari penampang
- h_n = Bentang bersih kolom
- k_c = faktor panjang tekuk
- L = panjang komponen struktur
- L_n = Bentang bersih balok
- L_p = Panjang bentang maksimum untuk balok yang mampu menerima momen plastis (mm)

- L_r = Panjang bentang minimum untuk balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral (mm)
- M_u = Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
- M_{nb} = Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh (Nmm)
- M_{nc} = Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
- M_n = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
- M_{nx} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
- M_{ny} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
- M_{ox} = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol
- M_{oy} = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol
- M_1 = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen tekan, bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
- M_2 = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan, selalu bernilai positif (Nmm)
- M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)

- M_{2ns} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm)
- M_{1s} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- M_{2s} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm)
- N_u = Beban aksial terfaktor
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton (mm)
- P_b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
- P_c = Beban kritis (N)
- P_{cp} = Keliling penampang beton (mm)
- Ph = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
- P_n = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- P_o = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol
- P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- S = Spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan (N)

T_c	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
T_n	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_s	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan tarik
T_u	= Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
x	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
α	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	= nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	= Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
ρ	= Rasio tulangan tarik
ρ'	= Rasio tulangan tekan
ρ_b	= Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan tarik minimum
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
ϕ_b	= Faktor reduksi kuat lentur
ϵ	= Regangan
λ_d	= Panjang penyaluran
λ_{db}	= Panjang penyaluran dasar

- λ_{dh} = Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan.
- λ_{hb} = Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik
- λ_n = Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
- λ_u = Panjang bebas (tekuk) pada kolom
- δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
- δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

Aliefia Dhani Rachma Rahastuti,



Penulis dilahirkan di Surabaya, 1 Juli 1994, merupakan anak ke-2 dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pembina Jaya Surabaya, SD Negeri Tembok Dukuh I Surabaya, SMP Negeri 7 Surabaya, SMA Negeri 21 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Negeri 21 Surabaya tahun 2012, penulis mengikuti seleksi tes masuk Program D3 Teknik yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya dan diterima di Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP – ITS tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112.030.006. Di jurusan DIII Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus diantaranya HIMA DIII Teknik Sipil sebagai Staff ORSENI (periode 2013-2014), dan juga aktif dalam berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.

BIODATA PENULIS

Safira Ramadhani,



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 5 Maret 1994, merupakan anak ke-1 dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di RA. Darul Ulum , SD Negeri Anggaswangi II, SMP Negeri 1 Sidoarjo, SMA Negeri 4 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA Negeri 4 Sidoarjo tahun 2012, penulis mengikuti seleksi tes masuk Program D3 Teknik yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya dan diterima di Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP – ITS tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112.030.044. Di jurusan DIII Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus diantaranya HIMA DIII Teknik Sipil sebagai Staff MEDFO (periode 2013-2014), dan juga aktif dalam berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penduduk di kota- kota besar cenderung memiliki masalah yang sama, contohnya di Kota Surabaya. Kota Surabaya memiliki lahan yang sempit dan tingginya populasi, serta jumlah pendatang yang meningkat di

setiap tahunnya. Faktor inilah yang mendorong pemerintah di Kota Surabaya untuk membangun sebuah Rumah Susun Sederhana Sewa (RUSUNAWA) untuk mengatasi ketidakseimbangan antara lahan dan jumlah penduduk.

Perencanaan sebuah gedung bertingkat juga memerlukan pertimbangan yang matang dari segi struktur dan beberapa kriteria yang mendukungnya. Terutama apabila perencanaannya di perhitungkan dari segi keamanan untuk menahan beban gempa.

Dalam tugas akhir ini objek perencanaan berupa Rumah Susun , yaitu Rumah Susun Sederhana Sewa (RUSUNAWA) Bandarejo Surabaya, gedung ini tersusun dari 5 lantai, dengan menggunakan rangka atap baja dan komponen strukturnya menggunakan sistem precast sesuai dengan bentuk fisik yang dimiliki bangunan tersebut. Bangunan Gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (RUSUNAWA) Bandarejo Surabaya akan di rencanakan dengan menggunakan sistem precast untuk balok dan pelatnya, sedangkan untuk konstruksi atap menggunakan plat beton.

Berdasarkan SNI Gempa 1726. 2012 penentuan gempa tidak lagi berdasarkan zona / wilayah gempa lagi namun sudah lebih spesifikasi berdasarkan dengan kondisi tanah dimana suatu bangunan tersebut dibangun. Dari tahapan penentuan beban gempa juga didapatkan suatu bangunan tersebut dapat menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Tahapan-tahapan perhitungan beban gempa antara lain menentukan kategori resiko struktur bangunan berdasarkan fungsi dari bangunan tersebut dan faktor keutamaannya, menentukan parameter percepatan gempa (S_s , S_1) berdasarkan lokasi bangunan dan periode ulang gempa, menentukan kelas situs (SA-SF) berdasarkan nilai rata-rata SPT, menentukan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER), menentukan spektrum respon desain, menentukan kategori desain seismik (A-D), pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R , C_d , Ω_0) berdasarkan kategori desain seismik : A dan B dapat menggunakan SRPMB, A,B, dan C dapat menggunakan SRPMM, dan A,B,C,Dd,Ed,dan Fe dapat menggunakan SRPMK.

Dari data tanah daerah sekitar Bandarejo yang didapat dari lab tanah Diploma Teknik Sipil ITS didapatkan hasil termasuk dalam kategori desain seismik C yang berarti sistem rangka pemikul momen dapat menggunakan SRPMM atau SRPMK, namun dalam proyek akhir ini bangunan Rusunawa Bandarejo menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).

Perencanaan dengan sistem struktur SRPMM bertujuan agar gedung tidak mengalami keruntuhan setelah menerima beban gempa. Jadi apabila terjadi gempa, dapat meminimalisir rusaknya struktur gedung dan korban dengan mendesain agar pada saat terjadi gempa, yang rusak terlebih dahulu adalah baloknya.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merencanakan dimensi struktur gedung (preliminary design).
2. Bagaimana merencanakan balok dan pelat pada daerah hunian menggunakan metode precast.
3. Bagaimana merencanakan saat penumpukan komponen pracetak.
4. Bagaimana merencanakan *erection* dan *connection* dalam pemasangan komponen pracetak.
5. Bagaimana cara menghitung dan merencanakan penulangan Struktur Bangunan (selain balok dan pelat) dengan menggunakan metode SRPMM.
6. Bagaimana cara merencanakan pondasi sesuai dengan jenis tanah dan bangunan.
7. Bagaimana mengaplikasikan perhitungan perencanaan kedalam gambar teknik.

1.3. Tujuan

Bagaimana merencanakan bangunan RUSUNAWA Bandarejo dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan menuangkannya ke dalam gambar struktur.

1.4. Batasan Masalah

1. Perencanaan ini tidak meninjau dari segi analisa biaya, manajemen konstruksi dan sisi arsitektural.
2. Perencanaan tidak membahas tentang utilitas bangunan.
3. Perencanaan bangunan bawah, meliputi:
 - a. Sloof
 - b. Pondasi
4. Perencanaan bangunan atas meliputi:
 - a. Struktur precast : Balok dan plat pada daerah hunian menggunakan sistem precast
 - b. Struktur konvensional : Balok, kolom, plat lantai, dan plat tangga menggunakan beton bertulang
5. Perhitungan gempa menggunakan cara Respons Spectrum

1.5. Manfaat

1. Dapat menerapkan teori yang sudah didapat di kelas ke dalam perencanaan struktur bangunan RUSUNAWA Bandarejo ini.
2. Mampu menerapkan perhitungan dan perencanaan sistem struktur precast pada balok dan plat lantai untuk merencanakan struktur Rusun Bandarejo Surabaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Di dalam tinjauan pustaka berikut ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang di gunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan oleh sebuah gedung.

Unruk perhitungan struktur Gedung Rumah Susun (RUSUNAWA) Bandarejo Surabaya ini mengacu pada:

- a. SNI 2847 – 2013 tentang “Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung”
- b. SNI 1726 – 2012 tentang “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”
- c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)
- d. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6th edition
- e. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem rangka pemikul momen adalah suatu system struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

Pada perencanaan bangunan Rumah Susun Sederhana Sewa Bandarejo ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah di mana semua rangka

struktur bangunan memikul beban gravitasi dan beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa sedang.

Penentuan kategori desain seismik, bila $S_1 < 0,75$ maka diijinkan untuk ditentukan tabel 6 saja. Dimana berlaku semua ketentuan di bawah :

- a. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan periode fundamental struktur (T_a) yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 adalah kurang dari $0,8T_s$
- b. Pada masing-masing 2 arah ortogonal, perioda fundamental struktur digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s
- c. Persamaan 22 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik (C_s)
- d. Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di pasal 7.3.1 atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12m

Tabel 1. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726-2012, Tabel 6)

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI 03-2847-2013:

2.2..1 Detail Penulangan Komponen SRPMM

Detail penulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi ketentuan-ketentuan 21.3.4 bila gaya tekan aksial terfaktor, P_u , untuk komponen struktur yang tidak melebihi $(A_g f_c' / 10)$. Bila P_u lebih besar, detail tulangan rangka harus memenuhi 21.3.5. bila sistem slab dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari system penahan gaya gempa, detail tulangan pada sembarang bentang yang menahan momen yang diakibatkan oleh E harus memenuhi 21.3.6. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.2)

2.2..2 Kekuatan Geser

- 1) Kuat geser rencana balok yang menahan pengaruh gaya gempa, E , tidak boleh kurang dari:
 - a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan M_n balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
 - b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara

bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.3.1)

2) Kuat geser rencana kolom yang menahan pengaruh gaya gempa, E , tidak boleh kurang dari:

- a. Geser yang terkait dengan perkembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E ditingkatkan oleh Ω_0 .

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.3.2)

2.2..3

Balok

- a. Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negative atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.
- (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.1)*

- b. Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkak pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi tulangan tidak boleh lebih kecil dari:
 - a. $d/2$
 - b. 600 mm
 (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.2)
- c. Sengkang harus dipastikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.3)

2.2..4 Kolom

- a. Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi s_0 sepanjang panjang l_0 diukur dari muka joint. Spasi s_0 tidak boleh lebih kecil dari:
 - $d/2$
 - 600 mm
 Panjang l_0 tidak boleh lebih kecil dari yang terbesar dari:
 - Seperenam bentang bersih kolom
 - Dimensi penampang maksimum kolom
 - 450 mm
 (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5.2)

- b. Senggang tertutup pertama ditempatkan tidak lebih dari $s_0/2$ dari muka joint. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5.3)
- c. Diluar panjang l_0 , spasi tulangan transversal harus memenuhi 7.10 dan 11.4.5.1. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5.4)
- d. Tulangan transversal joint harus memenuhi 11.10. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5.5))
- e. Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi, s_0 . Seperti didefinisikan dalam 21.3.5.2 sepanjang tinggi penuh di bawah tingkat dimana diskontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh gempa yang melebihi $A_g f_c' / 10$. Bila gaya desain harus diperbesar untuk memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertical system penahan gaya gempa, batas $A_g f_c' / 10$ harus ditingkatkan menjadi $A_g f_c' / 4$. Tulangan transversal ini harus menerus di atas dan di bawah kolom seperti tang di syaratkan dalam 21.6.4.6(b). (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5.6)

2.2..5

Plat Dua Arah Tanpa Balok

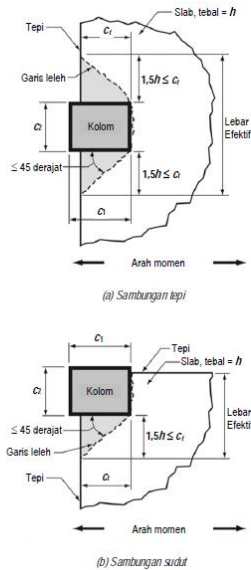
- a. Momen slab terfaktor pada tumpuan termasuk pengaruh gempa, E , harus ditentukan untuk kombinasi beban yang diberikan dalam persamaan ($U=1,2D+1E+1L$

dan $U=0,9D+1E$). Tulangan yang disediakan untuk menahan M slab harus ditempatkan dalam lajur kolom yang di definisikan dalam Pasal 13.2.1 (Gambar S21.3.6.1). (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.1)

- b. Tulangan yang ditempatkan dalam lebar efektif yang ditetapkan dalam 13.5.3.2 harus di proporsikan untuk menahan $y_f M_{slab}$. Lebar slab efektif untuk sambungan eksterior dan sudut tidak boleh menerus melewati muka kolom jarak lebih besar dari C_t yang diukur tegak lurus terhadap bentang slab (Gambar S21.3.6.1). (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.2)
- c. Tidak kurang dari setengah tulangan pada lajur kolom di tumpuan harus ditempatkan dalam lebar slab efektif yang diberikan dalam 13.5.3.2 (Gambar S21.3.6.1). (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.3)
- d. Tidak kurang dari seperempat tulangan atas ditumpuan pada lajur kolom harus menerus sepanjang bentang. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.4)
- e. Tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga tulangan atas ditumpuan pada lajur kolom. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.5)
- f. Tidak kurang dari setengah dari semua tulangan lajur tengah bawah dan semua tulangan lajur kolom bawah di tengah bentang harus menerus dan harus

mengembangkan f_y di muka tumpuan seperti di definisikan dalam 13.6.2.5. (*SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.6*)

- g. Pada tepi slab yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada tumpuan harus disalurkan di muka tumpuan seperti di definisikan dalam 13.6.2.5. (*SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.7*)
- h. Pada penampang kritis untuk kolom yang di definisikan dalam 11.11.1.2, geser 2 arah yang diakibatkan oleh beban grafitasi terfaktor tidak boleh melebihi $0,4\phi V_c$, dimana V_c harus dihitung seperti di definisikan dalam 11.11.2.1 untuk slab bukan prategang dan dalam 11.11.2.2 untuk slab prategang. Di ijinkan untuk mengabaikan persyaratan ini jika desain slab memenuhi persyaratan dari 21.13.6. (*SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.6.8*)



Gambar 1. Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut
(Sumber: SNI 2847-2013, Gambar S21.3.6.1)

2.2. Pembebanan

2.2.1 Beban Mati

Beban Mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian- penyelesaian, mesin- mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang taak terpisahkan dari gedung itu. (PPIUG 1983, Pasal 1.0.1)

- Beban mati pada pelat atap:
 - Berat sendiri pelat

- Beban lapisan penutup atap kedap air (waterproofing)
 - Beban plafond dan penggantung
 - Beban Instalasi Listrik
- Beban mati pada pelat lantai:
 - Berat sendiri pelat
 - Beban Keramik
 - Beban spesi
 - Beban plafond dan penggantung
 - Beban instalasi listrik
 - Beban mati pada balok:
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pelat atap/ pelat lantai
 - Berat dinding setengah bata
 - Beban mati pada pelat tangga:
 - Beban anak tangga
 - Beban keramik
 - Beban spesi
 - Beban handrill
 - Beban instalasi listrik

2.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung

itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. (PPIUG 1983, Pasal 1.0.2)

- Beban hidup Rumah Susun = 250 kg/m²
- Beban hidup atap = 100 kg/m²

2.2.3 **Beban Angin**

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang di sebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. (PPIUG 1983, Pasal 1.0.3)

- Beban angin = 25 kg/m²

2.2.4 **Beban Gempa**

Beban Gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya- gaya yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. (PPIUG 1983, Pasal 1.0.4)

Dalam perencanaan beban gempa pada gedung RUSUNAWA Bandarejo Surabaya dihitung menggunakan Respon Spektrum. Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan di SNI 1726-2012.

a. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa sesuai tabel 1 (SNI 1726-2012) di dapatkan dari fungsi bangunan, sehingga akan di peroleh nilai faktor keutamaan gempa(I_e) pada tabel 2 (SNI 1726-2012)

b. Klasifikasi Situs

Klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismic berupa faktor- faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismic suatu bangunan di permukaan tanah, maka kelas situs tersebut harus di klasifikasikan terlebih dahulu sehingga profil tanah dapat di ketahui. Kelas situs di dapat dari data tanah bangunan, pada SNI 1726-2012 tabel 3 akan di jelaskan beberapa macam kelas situs yang harus di tinjau.

c. Kecepatan rata- rata gelombang geser (V_s)

Nilai V_s harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}}$$

Keterangan:

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

V_{si} = kecepatan gelombang geser lapisan i dinyatakan dalam meter per detik (m/detik);

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ meter}$$

- d. Tahanan penetrasi standart lapangan rata- rata (N), dan tahanan penetrasi standar rata- rata untuk lapisan tanah non kohesif (N_{ch})

Nilai N dan N_{ch} harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Dimana N dan d_i dalam persamaan 2.2 berlaku untuk tanah non kohesif, tanah kohesif, dan lapisan batuan.

$$N_{ch} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^m \frac{d_i}{N_i}}$$

Dimana N_i dan d_i dalam persamaan 2.3 berlaku untuk lapisan tanah non kohesif saja, dan $\sum_{i=1}^m d_i = d_s$ $\sum_{i=1}^m d_i = d_s$, dimana d_s adalah ketebalan total dari lapisan tanah non kohesif di 30 m lapisan paling atas. N_i adalah tahanan penetrasi standar 60 persen energy (N_{60}) yang terukur langsung di lapangan tanpa koreksi,

dengan nilai tidak lebih dari 305 pukulan/m.

- e. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek;

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1 detik.

Dan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti tabel 4 dan 5 (SNI 1726-2012)

- f. Parameter percepatan spektral desain
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek S_{DS} dan pada perioda 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

- g. Spektrum respon desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 1 pada SNI Gempa 1726:2012 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD_1}{T}$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

T = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SDS}$$

2.3. Beton Pracetak

Sebagai dasar ilmu untuk merancang gedung dekanat menggunakan desain sambungan pracetak haruslah memenuhi syarat yang harus ditetapkan oleh SNI-03-2847-2013 yang secara umum menegaskan bahwa :

1. Perencanaan komponen struktur beton pracetak dan sambungannya harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kekangan deformasi mulai dari saat pabrikasi awal, hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan dan pemasangan
2. Apabila komponen struktur pracetak dimasukkan kedalam system structural, maka gaya dan deformasi yang terjadi dan dekat sambungan harus diperhitungkan dalam perencanaan
3. Toleransi untuk komponen struktur pracetak dan elemen penghubungnya harus dicantumkan dalam spesifikasi. Perencanaan komponen pracetak dan sambungannya harus memperhitungkan pengaruh toleransi tersebut.

Dari syarat diatas sebuah bangunan pracetak harus memenuhi kriteria yang disyaratkan agar bangunan tersebut bisa dikatakan aman. Beton pracetak pula pada dasarnya memiliki tahap pengerjaan, yaitu tahap pembuatan (pabrikasi), pengangkutan, dan pemasangan (perakitan).

Distribusi gaya diantara komponen struktur yang tegak lurus maupun sejajar bidang komponen struktur harus ditetapkan dengan analisis agar data yang didapatkan dalam perencanaan tersebut dapat dikatakan valid. Desain komponen tiap struktur baik sambungan maupun tumpuan pracetak haruslah diperhatikan agar setiap komponen tersebut mampu

menahan tegangan lentur yang terjadi, baik transversal maupun longitudinal. Apabila perilaku system membutuhkan gaya-gaya sebidang yang disalurkan antara komponen-komponen struktur pada system dinding atau lantai pracetak, maka ketentuan berikut berlaku :

- a. Lintasan gaya bidang harus menerus melalui sambungan-sambungan dan komponen-komponen struktur.
- b. Lintasan menerus dan baja atau tulangan baja harus disediakan di daerah dimana terjadi gaya tarik.

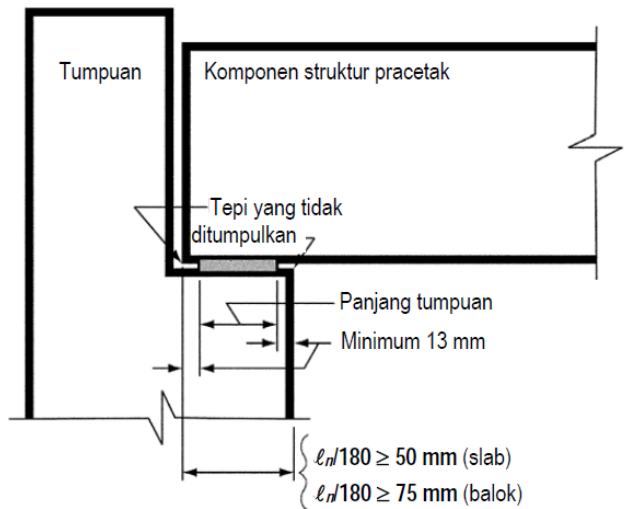
3.7.1 Balok Pracetak

Analisa terhadap sambungan dan tumpuannya perlu kita lakukan, karena pada dasarnya bangunan menggunakan system pracetak merupakan sebuah struktur dimana semua elemen utamanya dirakit terlebih dahulu dan bukan kesatuan yang monolit, sehingga perencana harus benar-benar mendisain agar elemen tersebut menjadi satu kesatuan yang utuh dan mampu menahan semua beban yang bisa di terima oleh beton yang langsung dibuat atau di cor di tempat (bukan Pabrikasi). Maka dari itu hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyambungan dan tumpuan yaitu :

1. Gaya-gaya boleh disalurkan antara komponen-komponen struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor ditempat, atau kombinasi dari cara-cara tersebut.

2. Tumpuan untuk komponen lantai dan atap pracetak diatas perletakan sederhana harus memenuhi ketentuan berikut :
 - a. Tegangan tumpu izin di permukaan kontak antara komponen yang didukung dan mendukung antara elemen pendukung tidak boleh melebihi kekuatan tumpu untuk masing-masing permukaan dan elemen pendukung.
 - b. Pernyataan diatas maka perlulah dilakukan penganalisisan bahwa kemampuan strukturnya tidak berkurang, maka persyaratan minimum berikut harus dipenuhi :
 - Setiap komponen struktur dan system pendukungnya harus mempunyai dimensi rencana yang dipilih sedemikian hingga, setelah peninjauan toleransi, jarak dan tepi tumpuan ke ujung komponen struktur pracetak dalam arah bentang sedikitnya $1/180$ kali bentang bersih , tetapi tidak boleh kurang dari :
 - Untuk pelat masif atau rongga 50 mm
 - Untuk balok 75 mm
 - Pelat landasan di tepi yang tidak ditumpukan harus mempunyai celah sedikitnya 15 mm dari permukaan, atau sedikitnya sama dengan dimensi penumpukan pada tepi yang ditumpukan.

3. Untuk tulangan momen lentur positif pada komponen struktur pracetak statis tertentu, tetapi sedikitnya sepertiga dari tulangan tersebut harus dipanjangkan sampai ke tengah panajng landasan.



Gambar 2. Panjang Tumpuan pada Tumpuan

(Sumber: SNI 2847-2013, Gambar S16.6.2)

3.7.2 Pelat Pracetak

Pada perencanaan plat yang akan digunakan yaitu menggunakan solid flat slab, karena harapannya mendapatkan tebal plat yang relatif tipis dengan lendutan yang dapat dikontrol. Dalam pendesainan tebal dan jumlah tulangan yang dipakai adalah desain

yag mampu menahan beban kombinasi yang bekerja dalam kondisi yang terbesar.

Penentuan tebal plat beton dapat ditentukan dari tebal minimum pelat dalam kondisi utuh, yaitu dengan rumus :

$$h \geq \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta}$$

syarat : tebal plat tidak boleh kurang dari 90 mm

$\beta = L_y/L_x$

dimana :

L_n = panjang plat

Berdasarkan tebal minimum plat, ditentukan tebal plat pracetak dengan persyaratan, bahwa :

$h_{top} \geq 50\text{mm}$,

dimana h_{top} = tebal beton topping (mm)

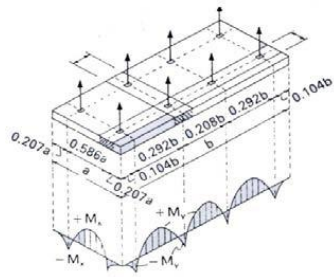
Sehingga tebal pelat pracetak adalah :

$h'_{plat} = h_{plat} - h_{top}$

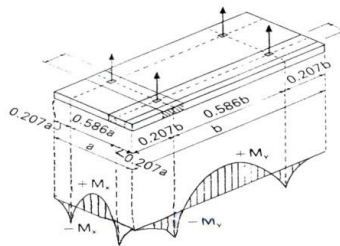
Dalam perencanaan ini, gaya harus ditentukan terlebih dahulu sebesar P (kN) yang bekerja di setiap meter penampang, dengan ketentuan plat yang diangkat berumur tidak kurang dari 28 hari.

Hal yang perlu diperhatikan untuk elemen beton pracetak adalah:

1. Titik angkat dan sokongan untuk pelat pracetak



(a)



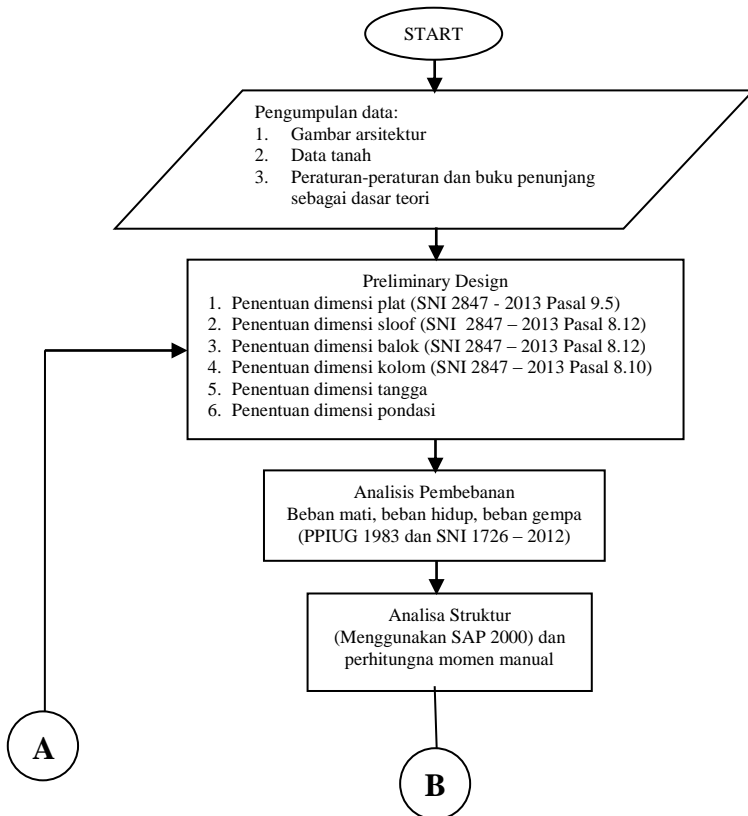
(b)

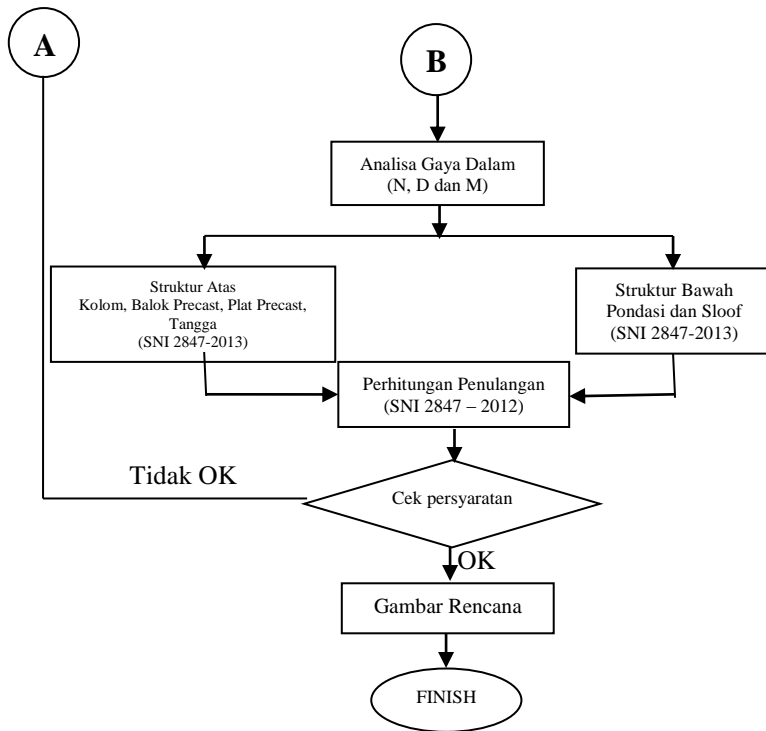
Gambar 3.(a) dan (b) Titik Angkat dan sokongan untuk pelat pracetak

BAB III

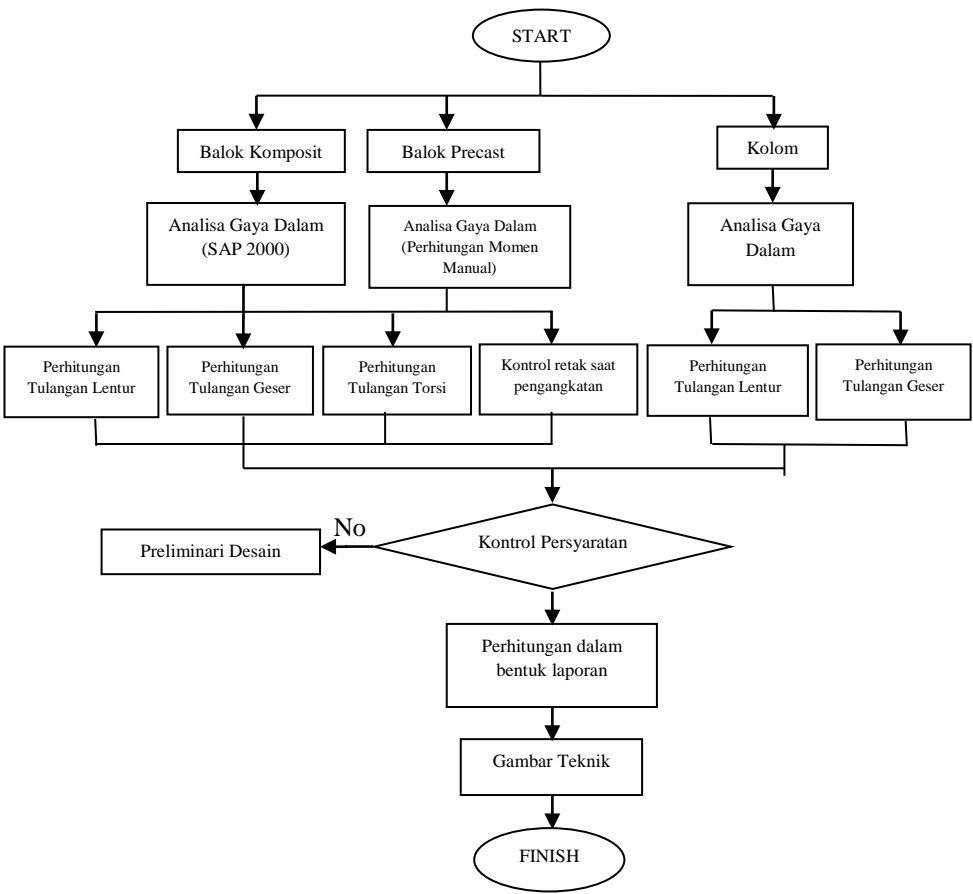
METODOLOGI PERENCANAAN

Langkah-langkah yang digunakan dalam Perencanaan Rumah Susun Sederhana Sewa Bandarejo ini dengan Menggunakan Metode Struktur Rangka Pemikul momen Menengah tergambar diagram dibawah ini:

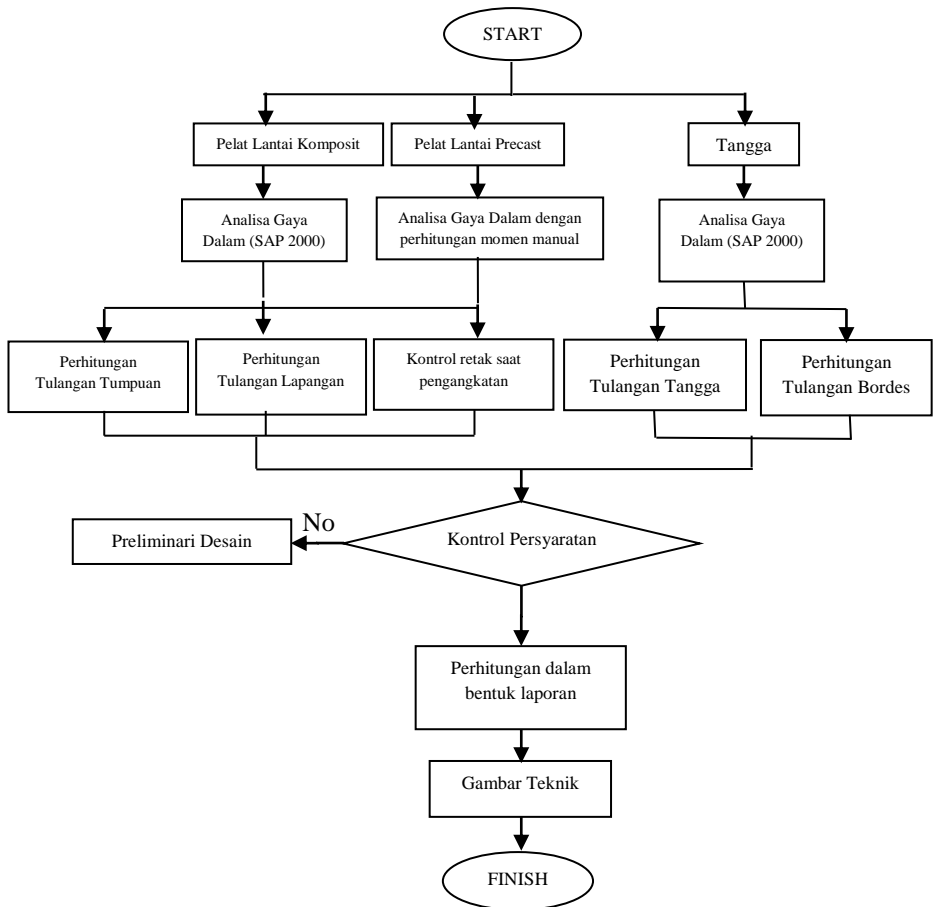




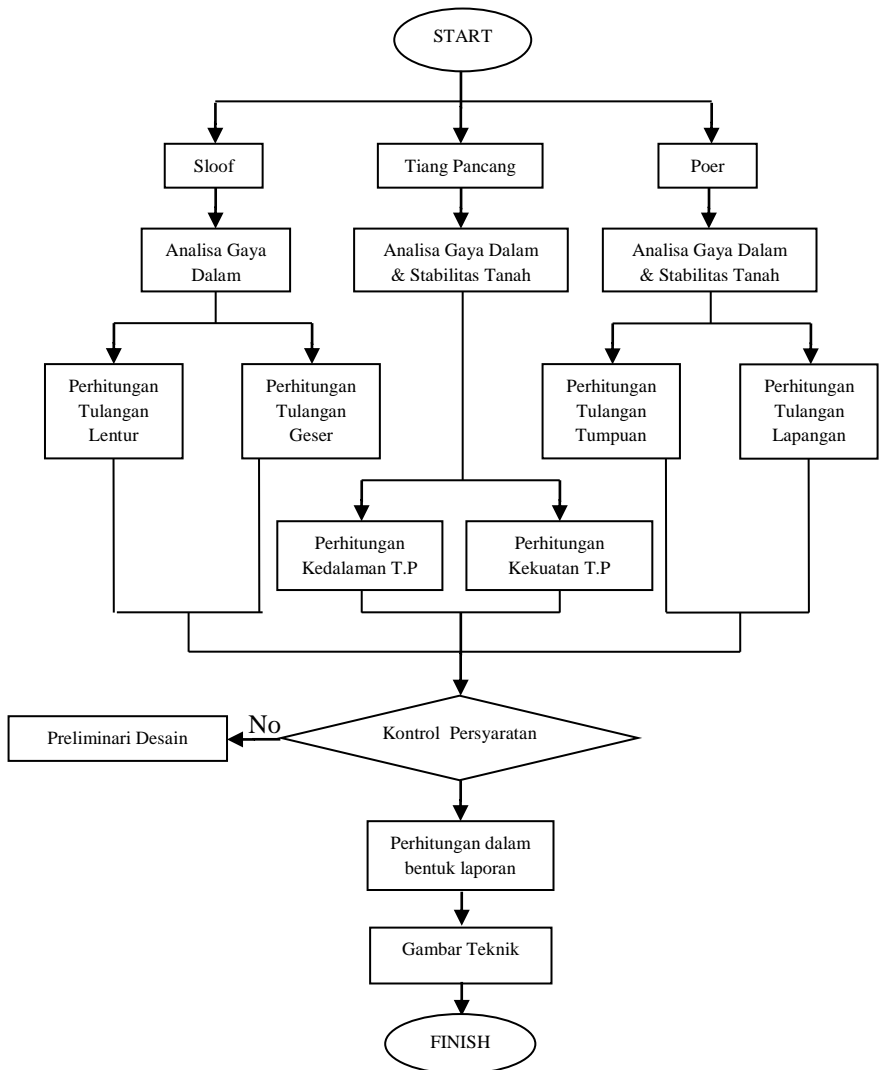
Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan Struktur



Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan Struktur Primer

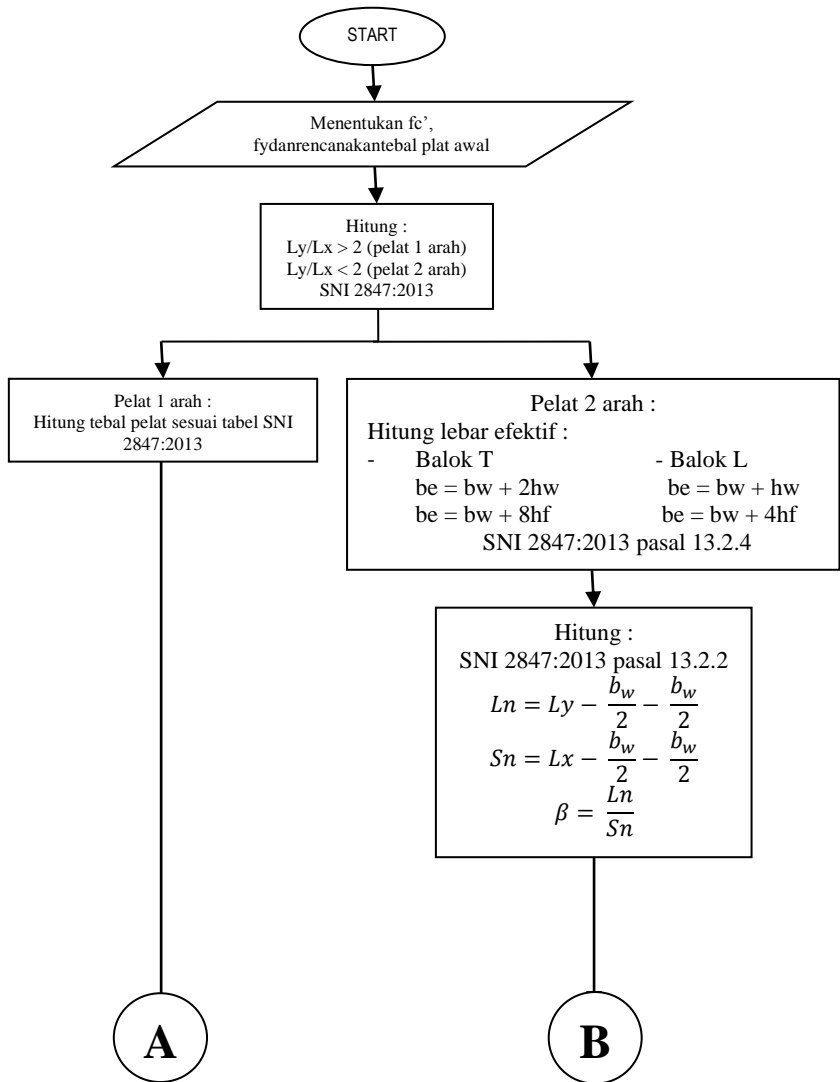


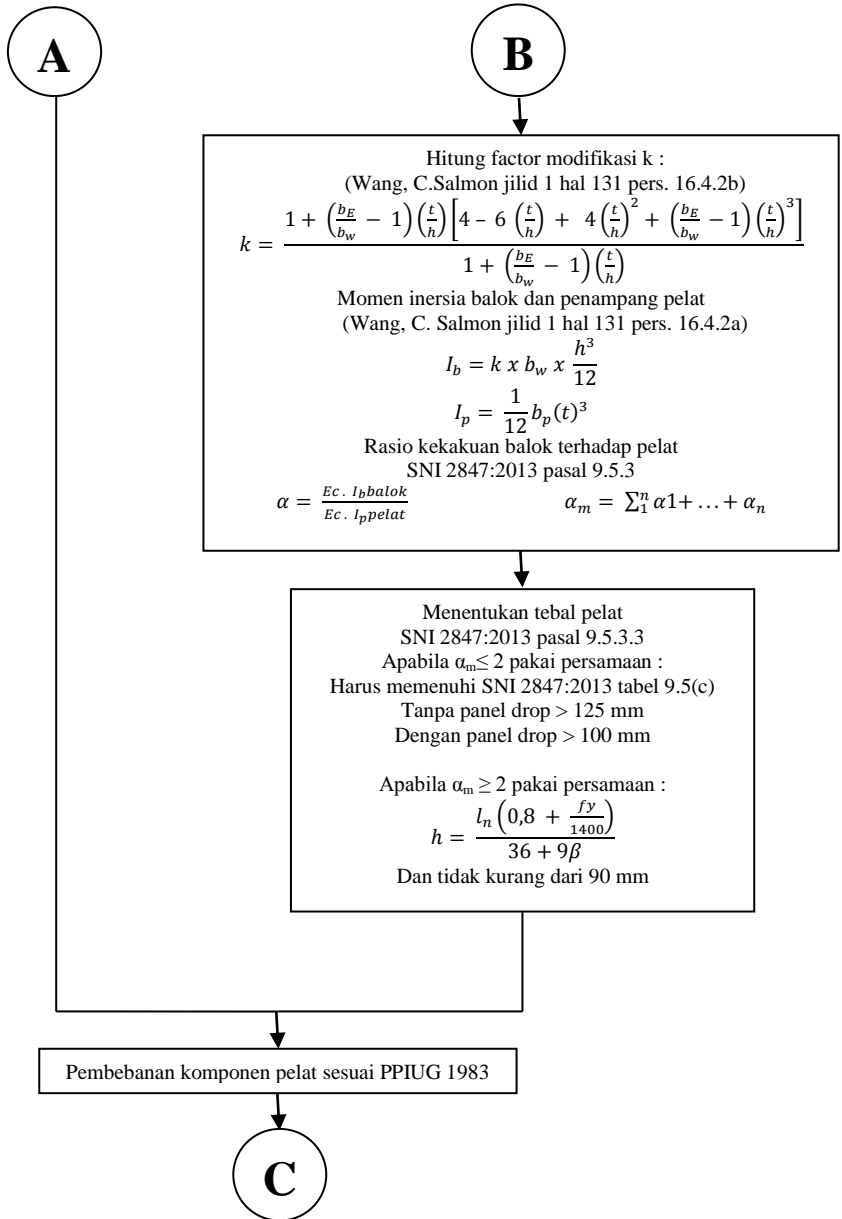
Gambar 3.3 Bagan Alir Perencanaan Struktur Sekunder

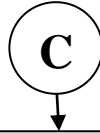


Gambar 3.4 Bagan Alir Perencanaan Struktur Bawah

PELAT PRECAST DAN KOMPOSIT







Analisis gaya dalam (Mtx, Mty, Mlx, Mly) berdasarkan output SAP 2000 pada plat komposit dan momen manual pada plat precast.

Hitung :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1)

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 8.4.3)

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 49 pers. 3.6.1)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 55 pers. 3.8.4a)

Hitung :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 54 pers. 3.8)

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

Dimana :

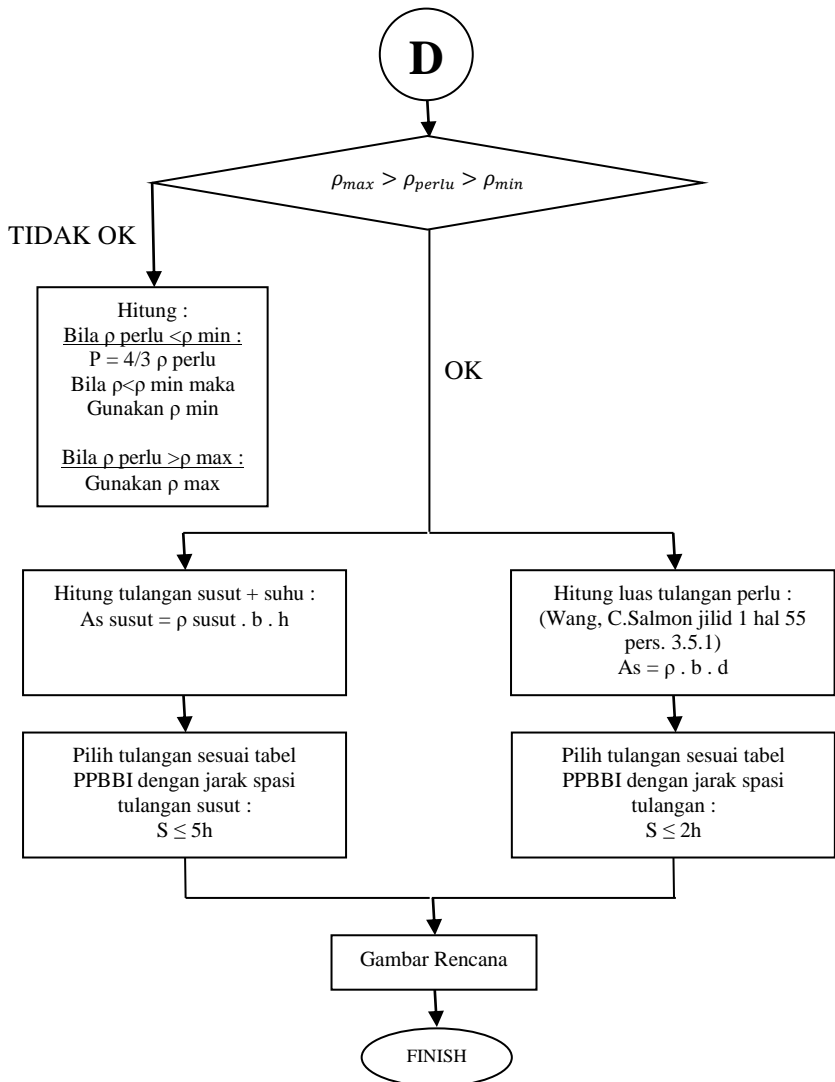
$$dx = t_{\text{plat}} - t_{\text{selimut}} - 1/2\phi$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 55 pers. 3.8.4b)

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right]$$

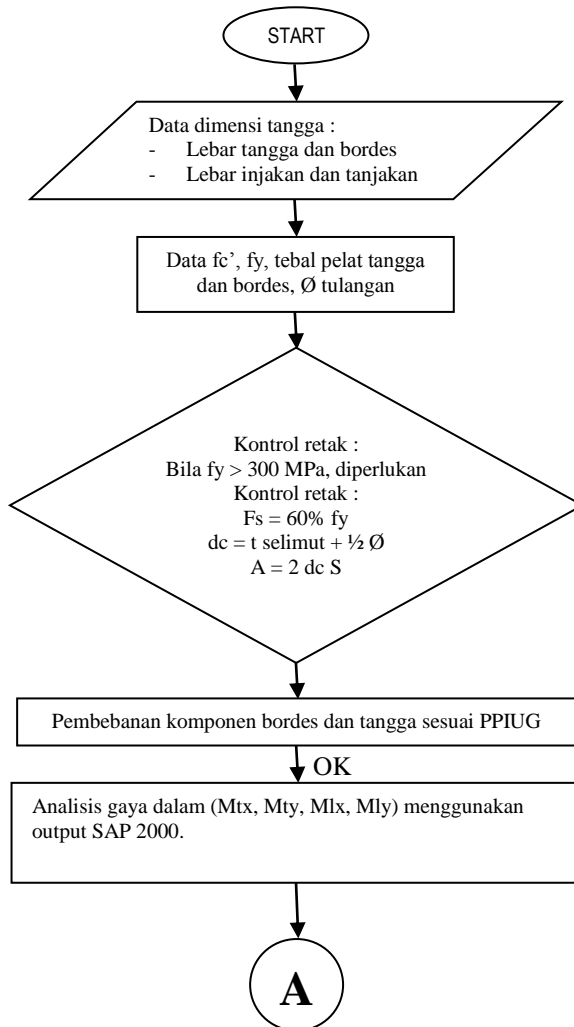
(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 55 pers. 3.8.5)





Gambar 3.5 Bagan Alir Perencanaan Tebal Pelat

TANGGA



A

Hitung :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1)

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 8.4.3)

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 49 pers. 3.6.1)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 55 pers. 3.8.4a)

Hitung :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 54 pers. 3.8)

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} \text{ (penulangan arah x)}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dy^2} \text{ (penulangan arah y)}$$

Dimana :

$$dx = t_{plat} - t_{selimut} - \frac{1}{2}\phi$$

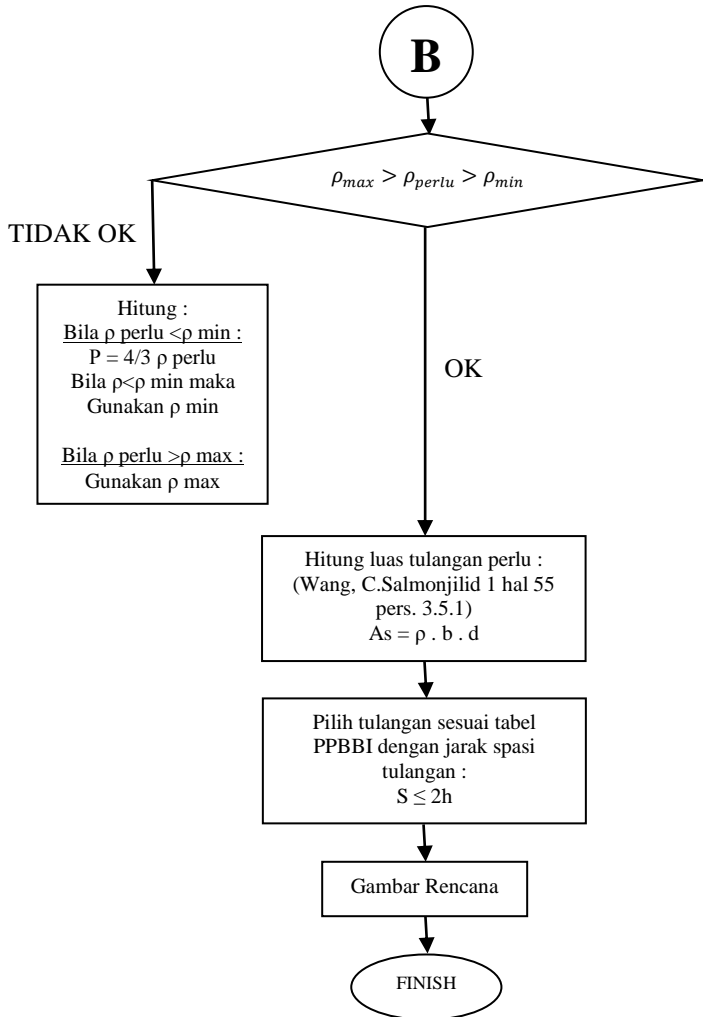
$$dy = t_{plat} - t_{selimut} - \phi - \frac{1}{2}\phi$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 55 pers. 3.8.4b)

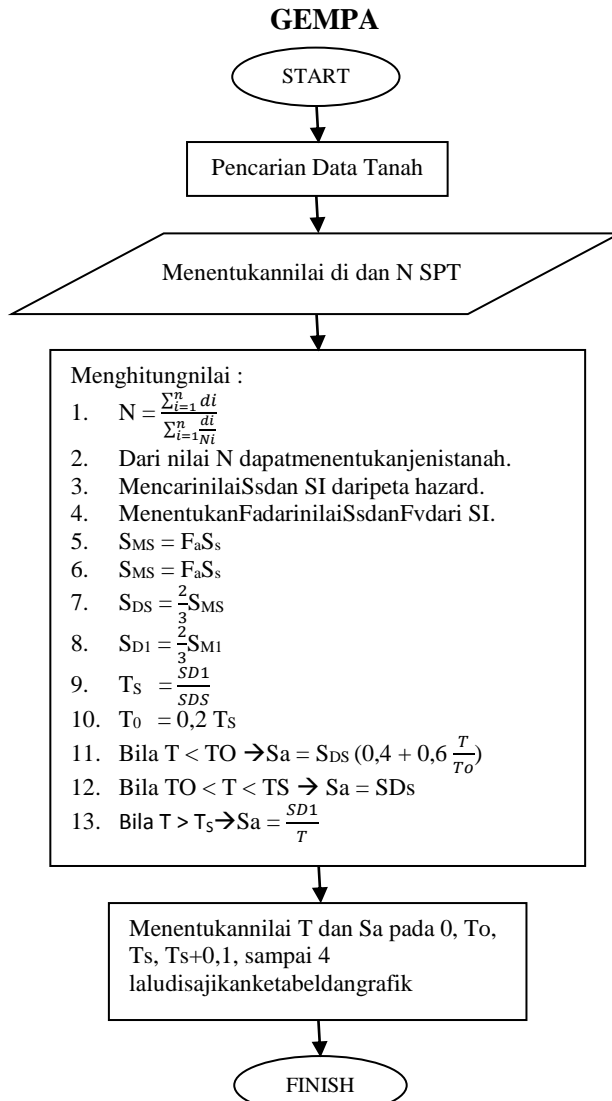
$$\rho_{pertu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right]$$

(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 55 pers. 3.8.5)

B



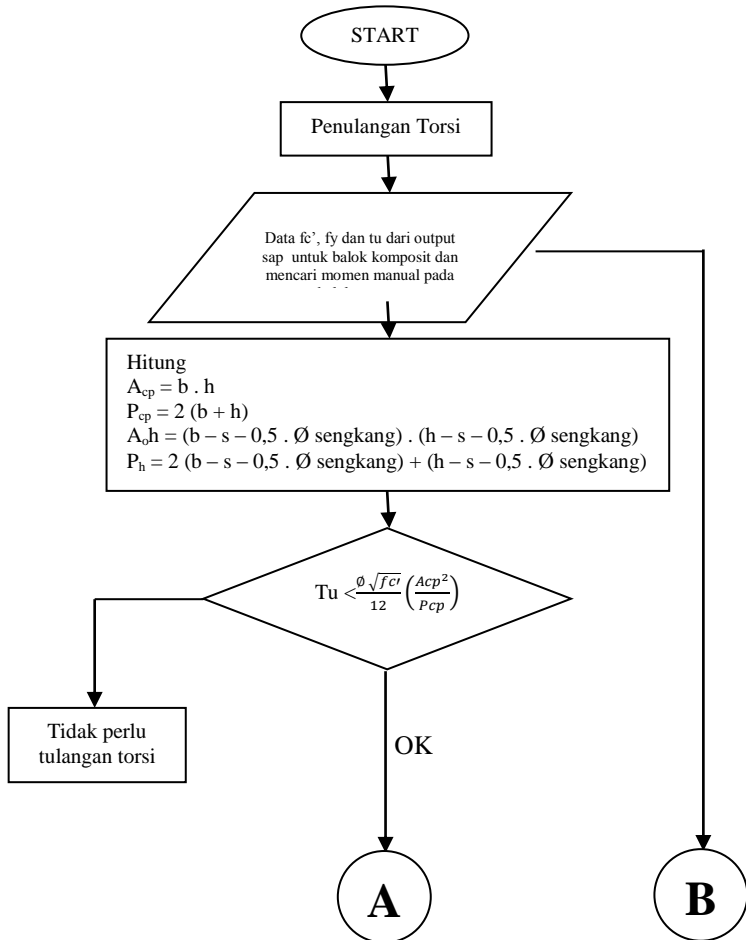
Gambar 3.6 Bagan Alir Perencanaan Tangga

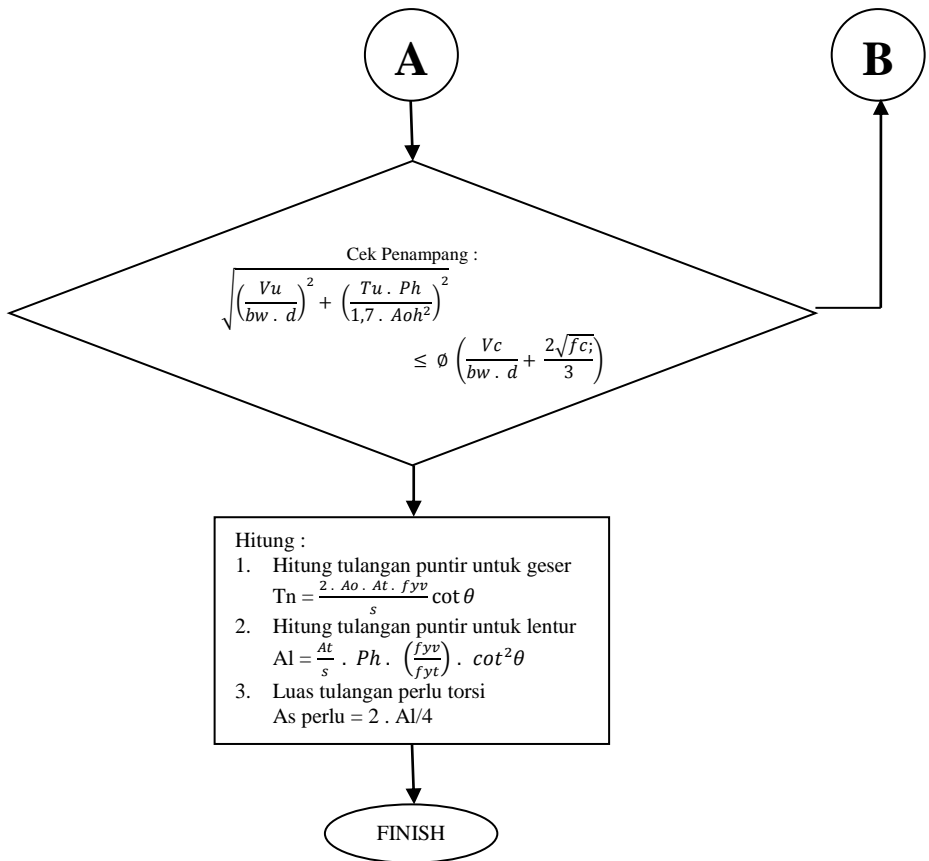


Gambar 3.7 Bagan Alir Perencanaan Gempa

BALOK KOMPOSIT DAN PRECAST

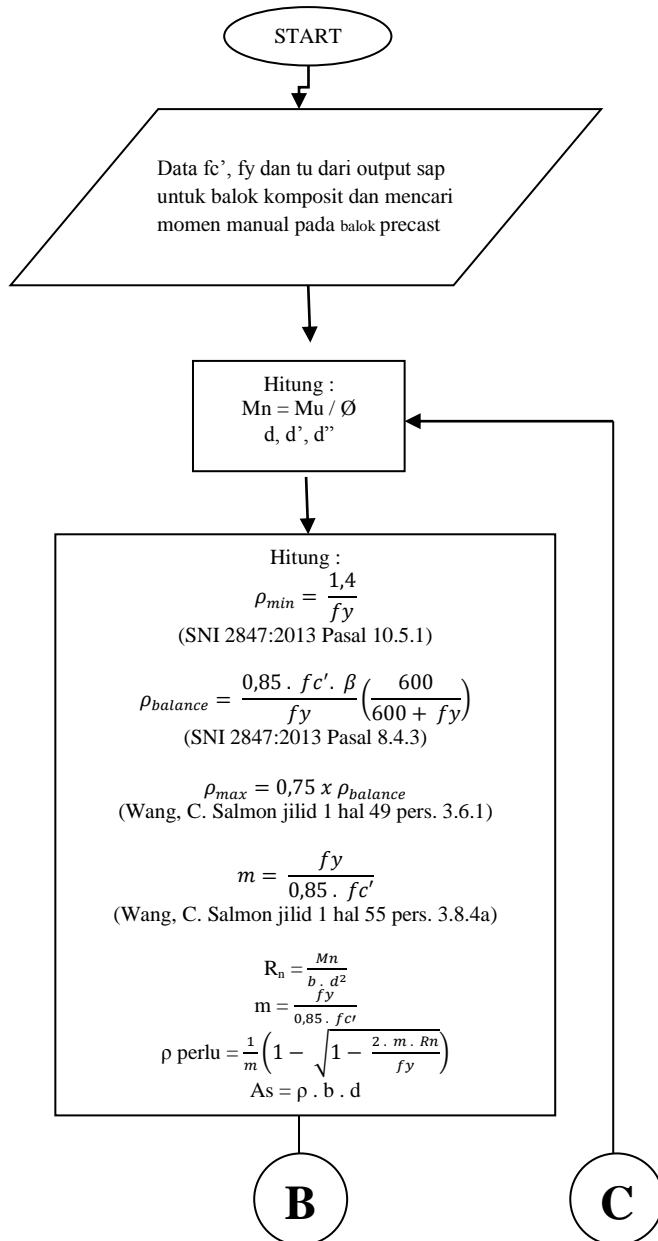
Skema Perhitungan Penulangan Torsi

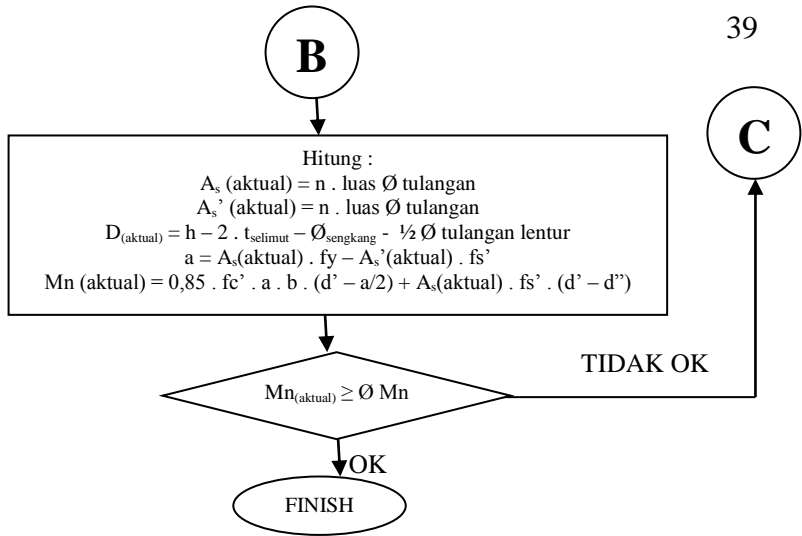




Gambar 3.8BaganAlirPerencanaanPenulangan Torsi Balok

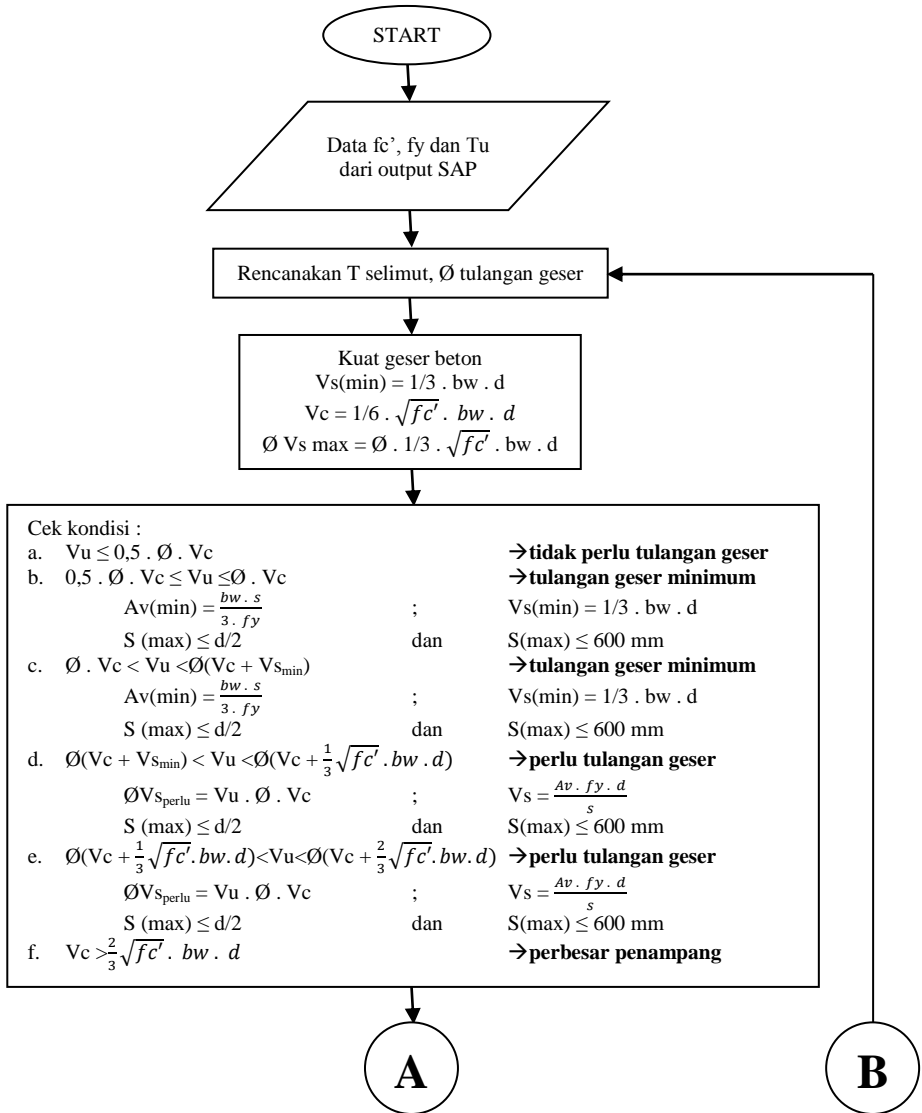
Skema Perhitungan Penulangan Lentur

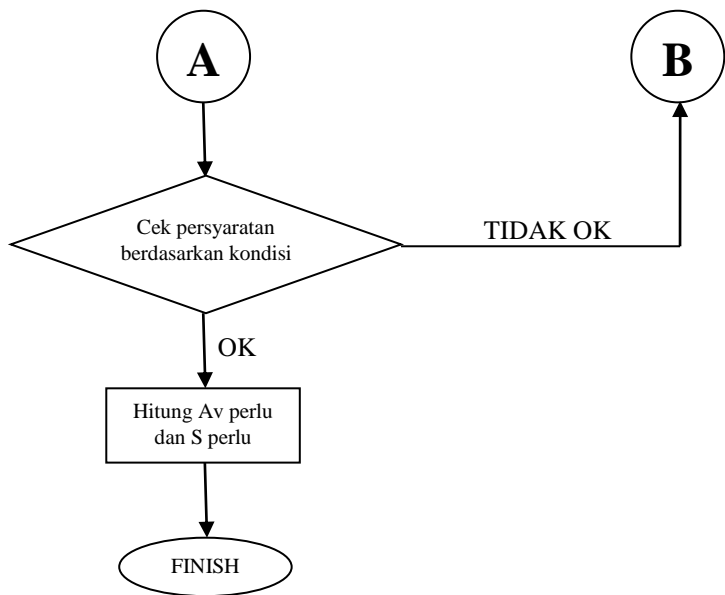




Gambar 3.9 Bagan Alir Perencanaan Penulangan Lentur Balok

Skema Perhitungan Penulangan Geser

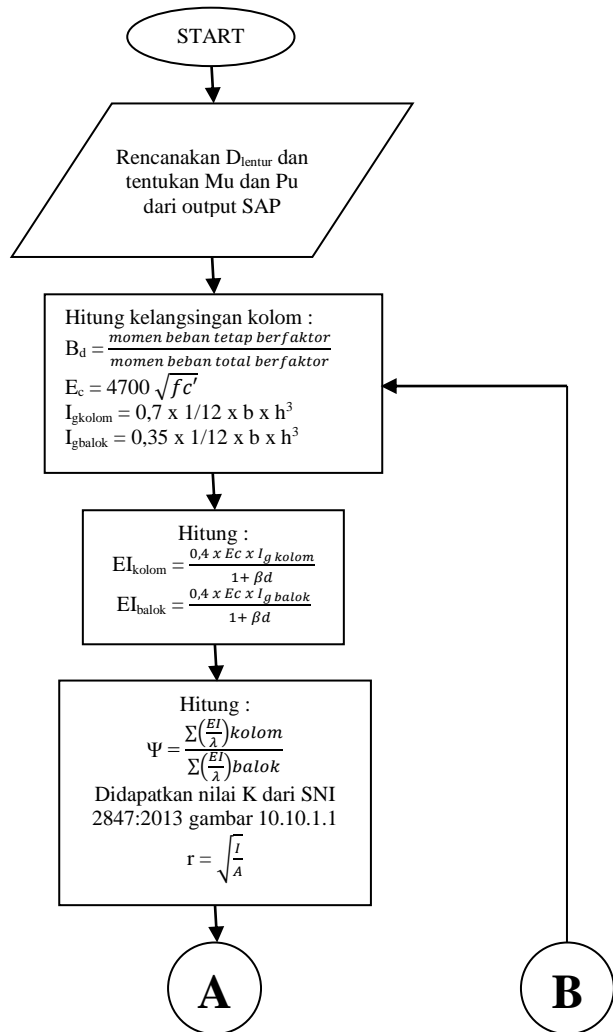


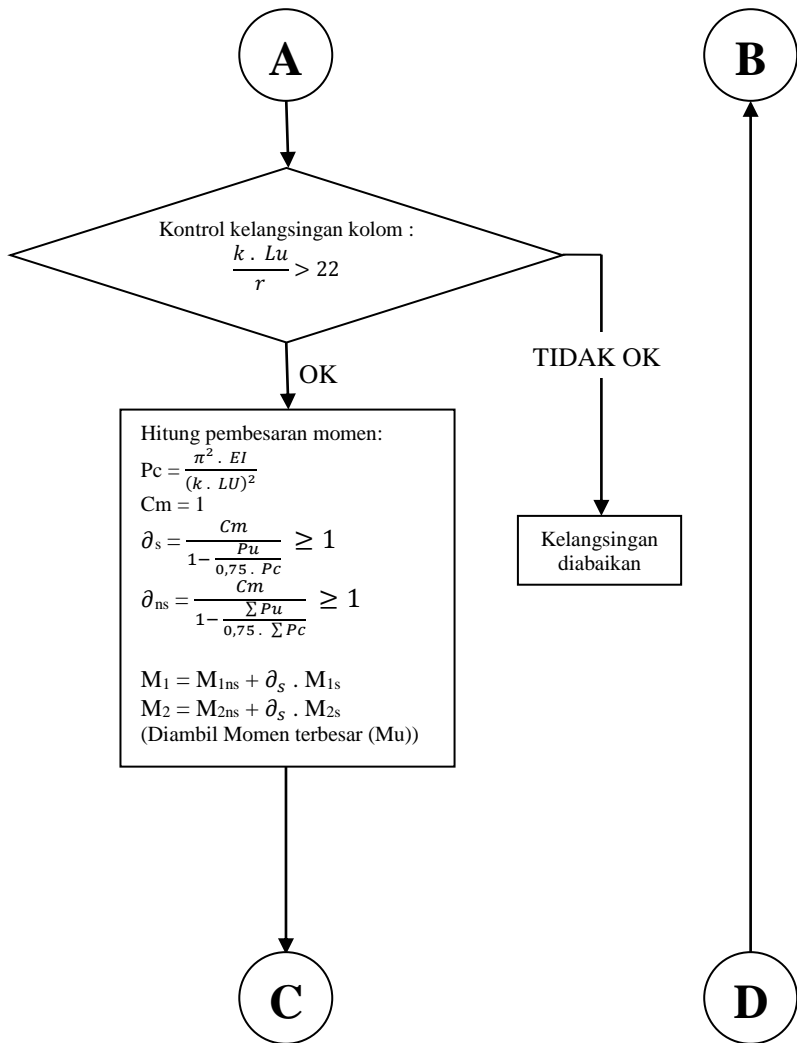


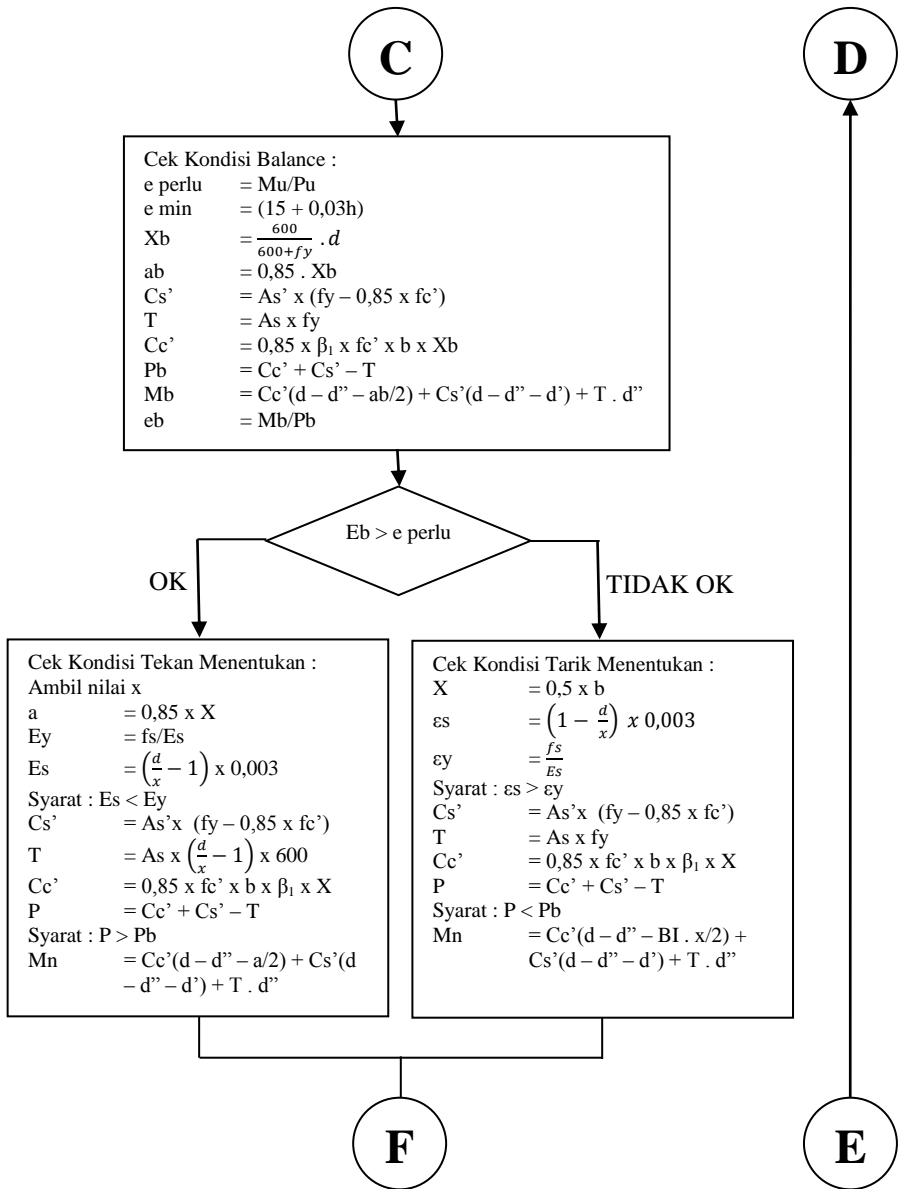
Gambar 3.10 Bagan Alir Perencanaan Penulangan Geser Balok

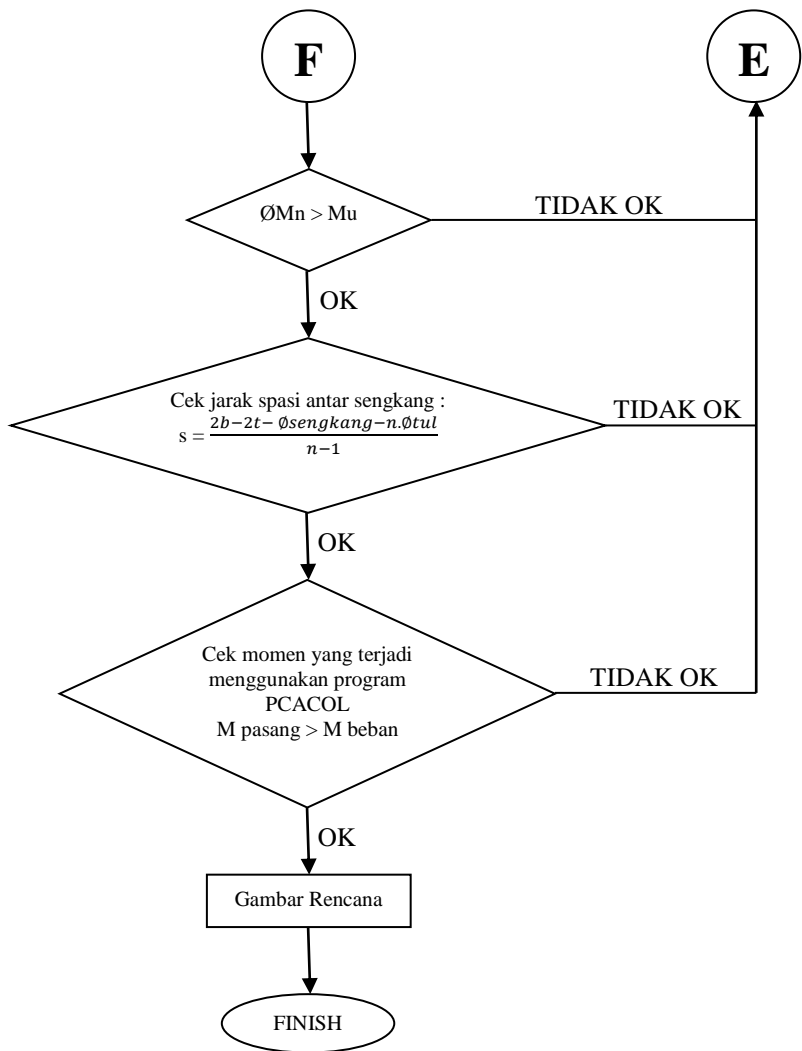
KOLOM

Skema perhitungan penulangan lentur kolom



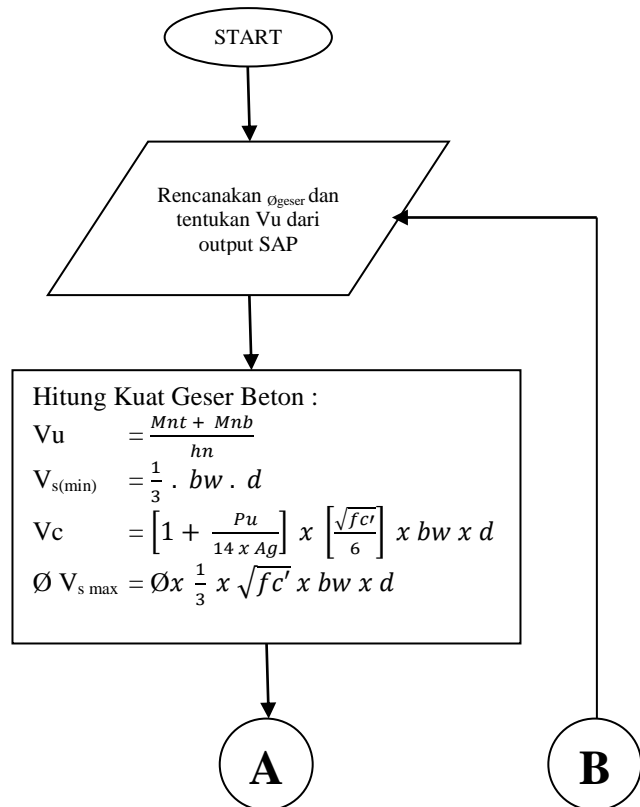


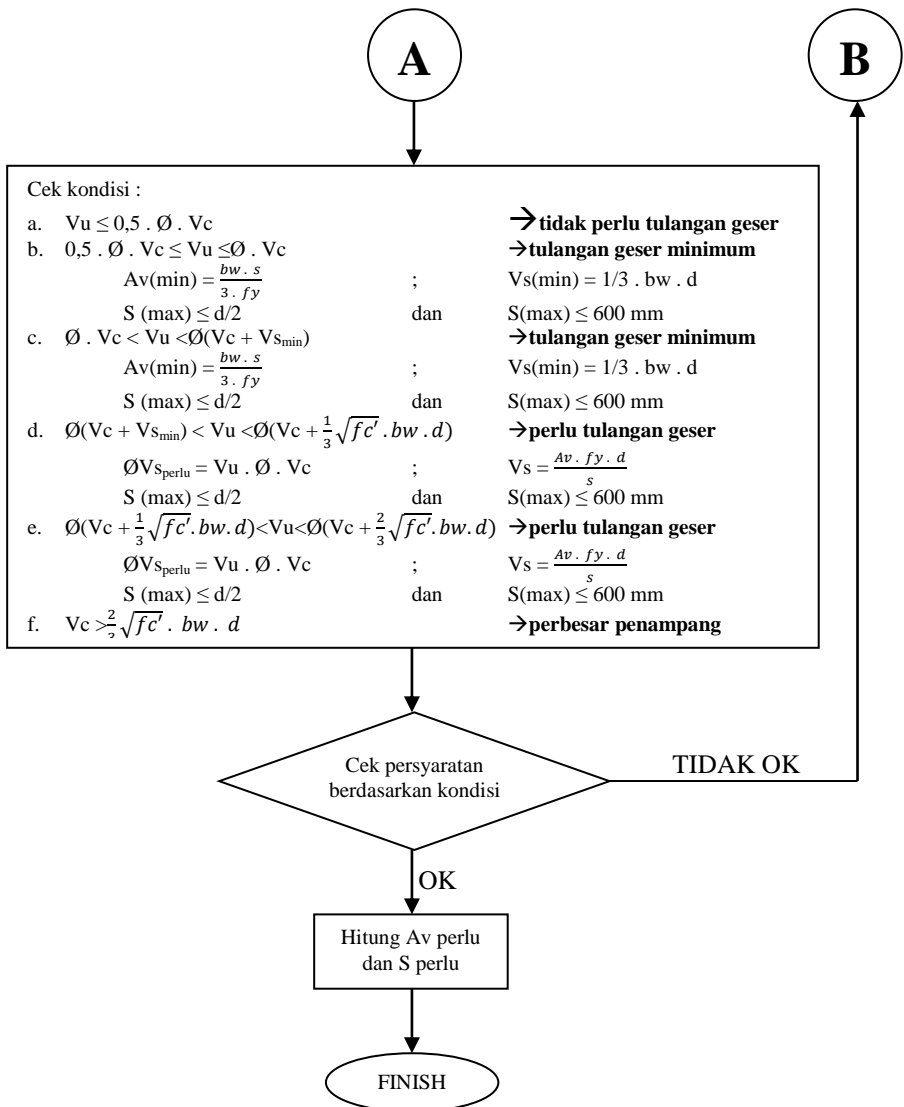




Gambar 3.11BaganAlirPerencanaanPenulangan Lentur Kolom

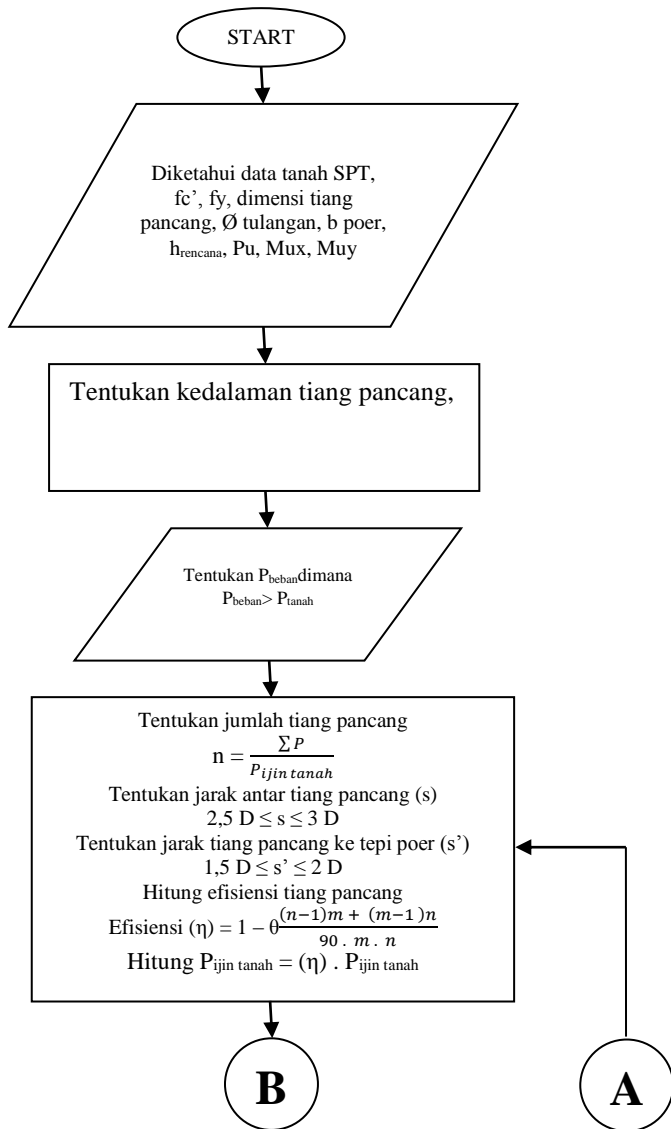
Skema perhitungan penulangan geser kolom

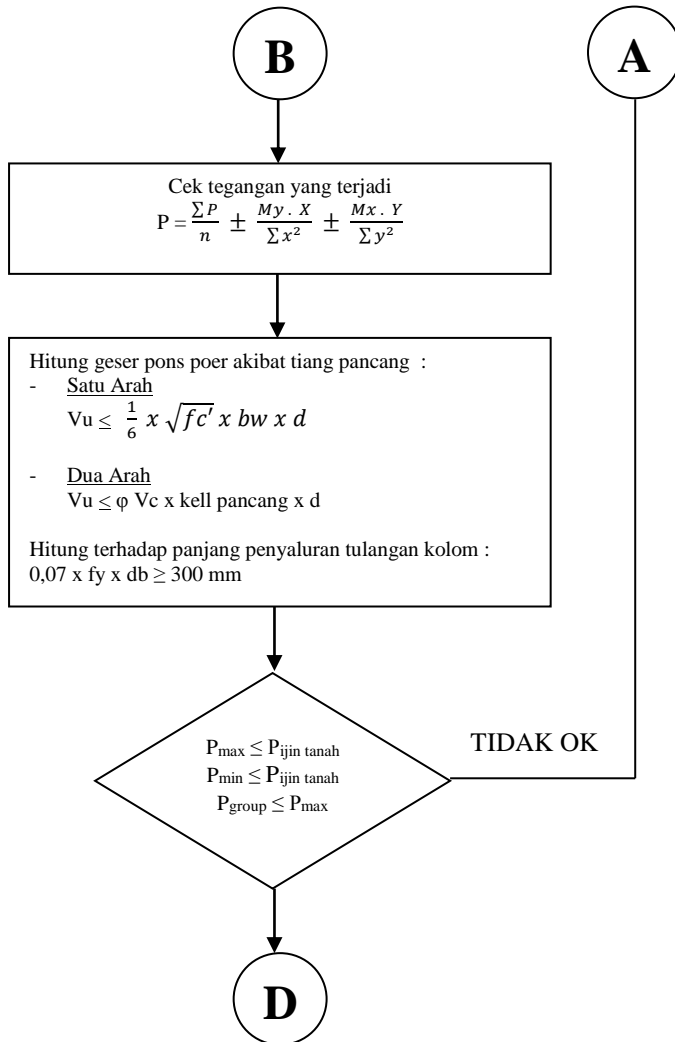


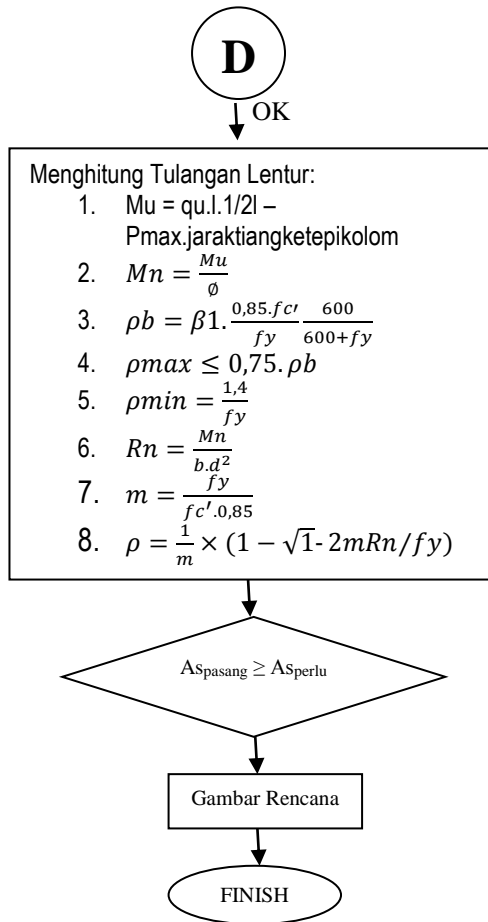


Gambar 3.12 Bagan Alir Perencanaan Penulangan Geser Kolom

PONDASI







Gambar 3.13 Bagan Alir Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan Pile Cap

3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam perencanaan adalah :

a. Gambar arsitektur

Gambar arsitektur digunakan untuk menentukan dimensi komponen struktur gedung. Gedung yang semula didesain lima lantai dengan atap baja dan komponen struktur menggunakan sistem precast direncanakan tetap lima lantai dengan plat lantai dan balok precast serta plat atap precast, oleh karena itu terdapat beberapa bagian dari bangunan yang diubah dan dialih fungsikan. Maka, perlu dilakukan penggambaran ulang untuk gambar arsitektur yang dibutuhkan untuk perhitungan dimensi komponen struktur gedung maupun perhitungan yang lain.

b. Data tanah,

Data tanah berupa data SPT yang dipergunakan untuk perhitungan gempa dan pondasi. Karena keterbatasan data yang didapat dari proyek bangunan, maka data SPT yang dipergunakan didapat dari laboratorium kampus DIII Teknik Sipil dengan mempertimbangkan untuk menggunakan data tanah di lokasi yang tidak jauh dari proyek tersebut.

c. Peraturan dan buku penunjang lainnya sebagai dasar teori maupun pendukung.

1. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).

2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).
3. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).
4. Desain beton bertulang jilid 1 dan 2 edisi keempat oleh Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon.
5. Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 (Kementrian PU)
6. Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Charles G. Salmon
7. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6th edition
8. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

3.2 Preliminary Desain

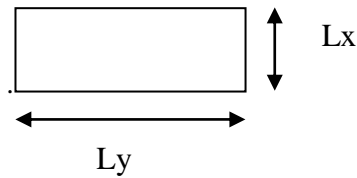
Penentuan dimensi elemen struktur dikerjakan dengan mengacu pada SNI 03-1726-2013 maupun ketentuan lain sesuai literatur yang dipakai. Elemen struktur yang perlu direncanakan adalah :

3.2.1 Penentuan dimensi pelat

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

a. Perencanaan pelat satu arah (one way slab)

Pelat satu arah terjadi apabila $l_y/l_x > 2$;
dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y
adalah bentang panjang



Tebal minimum yang di tentukan dalam tabel. 2 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak di satukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat di gunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan. (*SNI 2847-2013, Pasal 9.5.2.1*)

**Tabel 2. Tebal minimum balok non prategang
atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung
Tebal minimum, h**

Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak di hubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

CATATAN:

Panjang bentang dalam mm

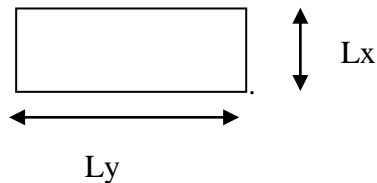
Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus di modifikasi sebagai berikut:

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), W_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m^3 . Nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09
- b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

(Sumber: SNI 2847-2013, Tabel 9.5(a))

b. Perencanaan pelat dua arah (two way slab)

Pelat dua arah terjadi apabila $l_y/l_x < 2$; dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y adalah bentang panjang



Tebal pelat minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel. 3 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- Tanpa penebalan > 125 mm
- Dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3. Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y MPa [†]	Tanpa penebalan [‡]			Dengan penebalan [‡]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

[‡]Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
[†]Untuk f_y , antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[‡]Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[§]Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber: SNI 2847-2013, Tabel 9.5(c))

3.2.2 Penentuan dimensi sloof

Untuk menentukan tinggi sloof, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel. 2, sedangkan lebarnya dapat di ambil dari nilai 2/3 dari tinggi balok yang telah di dapat.

3.2.3 Penentuan dimensi balok

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel. 2, sedangkan lebarnya dapat di ambil dari nilai 2/3 dari tinggi balok yang telah di dapat.

3.2.4 Penentuan dimensi kolom

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{l_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{l_{\text{balok}}}$$

Dimana:

$$I_{\text{kolom}} : \text{inersia kolom } \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{\text{kolom}} : \text{tinggi bersih kolom}$$

$$I_{\text{balok}} : \text{inersia balok } \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{\text{balok}} : \text{tinggi bersih balok}$$

$$b_k \text{ dan } d_k \geq 250 \text{ mm}$$

$$\frac{h_k}{b_{k\text{ataud}k}} \leq 25$$

3.2.5 Penentuan dimensi tangga

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.
Merencanakan dimensi injakan dengan persyaratan :

$$0,6 < (2t + i) < 0,65 \dots (m)$$

Dimana:

$t = \text{tanjakan} < 25 \text{ cm},$

$i = \text{injakan, dengan } 25 \text{ cm} < i < 40 \text{ cm}$ dan
maksimal sudut tangga sebesar 40°

3.2.6 Penentuan jenis pondasi

Dari hasil SPT dapat diketahui bahwa tanah keras berada dalam kedalaman lebih dari 10 meter, oleh karena itu pondasi yang dapat digunakan adalah pondasi dalam. Ada beberapa jenis untuk pekerjaan pondasi dalam, berikut ini adalah kelebihan serta kekurangan untuk masing-masing jenis pondasi dalam.

Dimana kekurangan dan kelebihan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

- a. Bored Pile
 - Kelebihan
 - Tidak menimbulkan getaran
 - Tidak menimbulkan kebisingan
 - Kekurangan
 - Proses pengerjaan lebih rumit
 - Waktu pengerjaan relatif lama
- b. Pondasi tiang pancang dengan metode drop hammer
 - Kelebihan
 - Proses pengerjaan lebih praktis
 - Waktu pengerjaan cepat
 - Kekurangan
 - Menimbulkan getaran pada tanah

Menimbulkan kebisingan saat pemasangan

Menimbulkan pergeseran pada tanah

c. Pondasi tiang pancang dengan metode Injection Pile

○ Kelebihan

Tidak menimbulkan getaran pada tanah

Tidak menimbulkan kebisingan saat pemasangan

Metode pelaksanaannya mudah

Waktu pengerjaan cepat

○ Kekurangan

Menimbulkan pergeseran pada tanah

Dengan mempertimbangkan kondisi sekitar proyek bangunan dan kelebihan serta kekurangan dari masing-masing jenis pondasi di atas, maka perencanaan pondasi untuk perencanaan struktur bangunan Rusunawa Bandarejo menggunakan pondasi tiang pancang dengan metode injection pile.

3.4. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan PPIUG 1983. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Beban konstruksi atap

a. Beban mati

Terdiri dari beban aspal, plafond dan penggantung dan intalasi gedung.

Beban aspal untuk ketebalan 5 cm = 70 kg/m^2

Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2

Beban instalasi gedung = 40 kg/m^2

b. Beban hidup

Terdiri dari beban hujan.

Beban hujan = 100 kg/m^2

2. Beban plat lantai

a. Beban mati

Terdiri dari beban spesi, keramik, plafond dan penggantung, dan instalasi gedung.

Beban spesi untuk ketebalan 2 cm = 42 kg/m^2

Beban keramik untuk ketebalan 1 cm = 24 kg/m^2

Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2

Beban instalasi gedung = 40 kg/m^2

b. Beban hidup

Beban sesuai dari fungsi bangunan untuk rusun.

Beban hidup untuk rusunawa = 250 kg/m^2

3. Beban tangga dan bordes

a. Beban mati

Terdiri dari beban spesi, keramik, hand railing dan anak tangga.

Beban spesi untuk ketebalan 2 cm = 42 kg/m^2

Beban keramik untuk ketebalan 1 cm = 24 kg/m^2

Hand railing (asumsi) = 10 kg/m^2

Anak tangga utama lantai 1 =
188,592 kg/m²

Anak tangga utama lantai 2 sampai dengan 4
= 179,448 kg/m²

Anak tangga darurat lantai 1 =
177,072 kg/m²

Anak tangga darurat lantai 2 sampai dengan 4=
171,48 kg/m²

b. Beban hidup

Beban sesuai dari fungsi tangga pada bangunan
rusun.

Beban hidup tangga = 300
kg/m²

4. Beban gempa

Analisa pembebanan gempa bangunan sesuai dengan
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk
Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI
1726-2012). Dalam proyek akhir ini perhitungan beban
gempa menggunakan analisa beban gempa respons
spektrum.

3.5 Analisa Struktur

Model struktur dibuat sesuai dengan desain yang
direncanakan. Semua komponen struktur baik primer dan
sekunder dimodelkan dalam SAP2000.

3.6 Analisa Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh dari program bantuan SAP 2000
dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-
2847-2013 pasal 9.2 sebagai berikut :

1,4DL

1,2DL + 1,6LL
 1,2DL + 1LL + 1EX + 0,3EY
 1,2DL + 1LL - 1EX + 0,3EY
 1,2DL + 1LL + 1EX - 0,3EY
 1,2DL + 1LL - 1EX - 0,3EY
 1,2DL + 1LL + 0,3EX + 1EY
 1,2DL + 1LL - 0,3EX + 1EY
 1,2DL + 1LL + 0,3EX - 1EY
 1,2DL + 1LL - 0,3EX - 1EY
 0,9DL + 1EX + 0,3EY
 0,9DL + 1EX - 0,3EY
 0,9DL - 1EX + 0,3EY
 0,9DL - 1EX - 0,3EY
 0,9DL + 0,3EX + 1EY
 0,9DL + 0,3EX - 1EY
 0,9DL - 0,3EX + 1EY
 0,9DL - 0,3EX - 1EY

Keterangan :

DL : Beban Mati (Dead Load)

LL : Beban Hidup (Life Load)

EX : Beban gempa searah sumbu X (Earthquake – X)

EY : Beban gempa searah sumbu Y (Earthquake – Y)

3.7 Perhitungan Penulangan Struktur

3.7.1 Pelat

3.7.1.1. Analisis struktur pelat

Rasio kekakuan balok terhadap plat:

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cp} \times I_p} > 1 \quad (\text{Sumber: SNI}$$

2847-2013, Pasal 13.3.6)

Dimana:

E_{cb} : modulus elastisitas balok beton

E_{cp} : modulus elastisitas pelat beton

I_b : momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p : momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

3.7.1.2. Analisis Gaya dalam untuk komponen pelat

Perhitungan momen-momen yang terjadi pada pelat berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 (PBBI 1971) tabel 12.2.1 dan 13.3.2

3.7.1.3. Penulangan pelat

1) Perhitungan Tulangan sebelum Komposit

Pada saat perhitungan umur beton adalah 7 hari dengan $f_c' = 0,7f_c'$

Pembebanan pelat:

- Berat Pelat Pra Cetak (q_d)
- Beban Ultimate (q_u)

2) Perhitungan Tulangan sebelum Komposit akibat pengangkatan dengan asumsi $M_+ = M_-$

- $Q_{angkat} = Koef.Kejut \times q_c$
- $Bx = 0,586 \times lx$
- $Ax = 0,207 \times lx$
- $Mx = 0,0107 \times w \times a^2 \times b$
- $My = 0,0107 \times w \times a \times b^2$

(Sumber: PCI Design Handbook
BAB V, halaman 8)

3) Perhitungan Tulangan Sesudah
Komposit

Pada saat perhitungan umur beton
adalah 28 hari, dengan $f_c' = 30$ MPa

Rasio penulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(Sumber : SNI 2847-2013, Pasal
8.4.2)

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

(Sumber : SNI 03-2847-2002,
Pasal 10.3.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Jika perlu $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka ρ_{perlu}
dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

4) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{\max} < 2 \times h$$

Dimana:

ρ : rasio tulangan tarik
non-prategang

ρ_b : rasio tulangan yang
memberikan kondisi regangan yang
seimbang

S_{max} : jarak maksimum
sengkang

(Sumber: SNI 2847-2013, Pasal 13.3.2)

5) Kontrol Tulangan Susut dan Suhu

Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

Tabel 4. Rasio tulangan susut dan suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350	0,0020
	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420	0,0018
	Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

(Sumber: SNI 2847-2013, Pasal
7.12.2.1)

- 6) Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut dan Suhu

$$S_{max} < 2 \times h \quad (SNI \text{ 2847-2013, Pasal 13.3.2})$$

- 7) Kontrol Retak dan Lendutan

- Kontrol Retak

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{fc'}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$M_{cr} = \frac{Fr \cdot I}{Y_t} > M$$

- Kontrol Lendutan

$$E = 4700 \times \sqrt{fc'}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \times \frac{ql^4}{E \cdot I}$$

$$\Delta' = \frac{l}{480}$$

$\Delta < \Delta'$ (berarti lendutan masih diatas aman)

- 8) Tulangan Angkat

$$T = \frac{P}{\sin \phi}$$

$$\sigma_{tarik \text{ ijin}} = \frac{fy}{1,5}$$

θtulangan angkat

$$\geq \sqrt{\frac{4. Pu}{\sigma_{tarik\ ijin. \pi}}}$$

(Sumber: PBBI Pasal 2.2.2)

9) Kontrol Tegangan akibat Pengangkatan

○ $F'r = \frac{0,7\sqrt{f'cr}}{1,5} \dots\dots\dots$ (Beton berumur 3 hari)

○ $F'r = \frac{0,7\sqrt{fc'}}{1,5} \dots\dots\dots$ (Beton berumur 28 hari)

a) Longitudinal Bending

$$W = t \times B J \text{ Beton} \times 1,2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2$$

$$My = 0,0107. w. a. b^2$$

$$F' = \frac{My}{Z}, \text{ jika: } f' < f'r, \text{ maka}$$

masih di atas aman

b) Transversal Bending

$$W = t \times B J \text{ Beton} \times 1,2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2$$

$$My = 0,0107. w. a^2. b$$

$$F' = \frac{My}{Z}, \text{ jika: } f' < f'r, \text{ maka}$$

masih di atas aman

10) Kontrol Tumpukan Pelat

Pracetak dikirim ke lokasi proyek pada saat beton berumur 4 hari, adapun tata

cara dalam penumpukan precast agar tidak terjadi keretakan, sebagai berikut:

- a) Landasan dasar untuk penumpukan harus rata
- b) Tiap lapis diberi penyangga berupa balok kayu
- c) Balok kayu yang digunakan sebagai tumpuan harus sejajar berada dalam satu garis
- d) Penumpukan maksimal pracetak harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk menghindari keretakan pada saat penumpukan pelat

3.7.2 Balok

3.7.2.1. Perhitungan tulangan lentur

a. Tulangan Tunggal

Pada dasarnya lentur tulangan tunggal memiliki pengertian tulangan terpasang hanya pada daerah yang mengalami tarik sedangkan pada daerah yang mengalami tekan hanya dipasang tulangan praktis.

Metode tulangan tunggal, sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$d = b_w - \text{decking} - \varnothing_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tul. utama}}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

Hitung tulangan :

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka memakai ρ

$\rho_{\min} > \rho$, maka memakai ρ_{\min}

$A_s = \rho \times b \times d$, atau

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$n = \frac{A_s}{A_s \text{ pakai}}$$

Cek kondisi :

Bila $\rho > \rho_{\max}$, maka perbesar dimensi penampang

Bila $\rho < \rho_{\min}$, maka dimensi terlalu besar

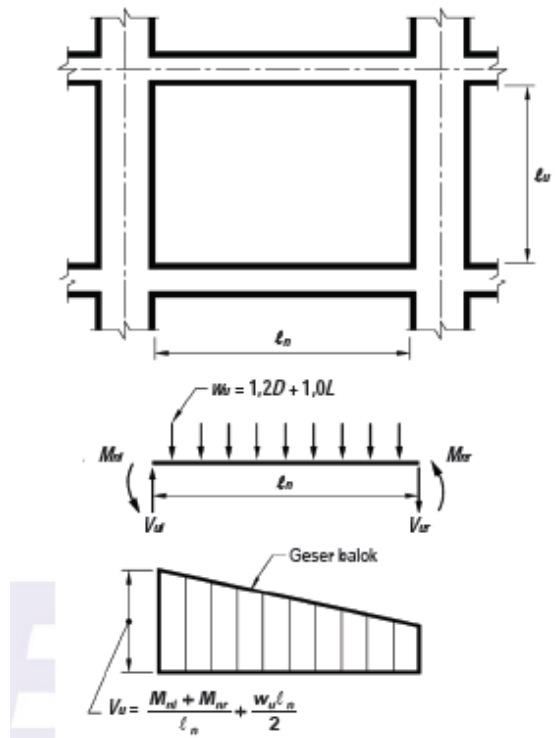
3.7.2.2. Perhitungan tulangan geser

- Penentuan V_u , V_c , V_s , dan V_n

Menurut *SNI 2847-2013, Pasal 21.3.2*, gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E), dimana E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam

$$W_u = 1,2D + 1,0L$$

peraturan perencanaan tahan gempa.



Gambar 4. Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM

(Sumber: SNI 2847-2013; Gambar S21.3.3)

$$V_u = \frac{M_{n1} + M_{n2}}{L_n} + \frac{W_u}{2}$$

Dimana:

V_u : gaya lintang horizontal terfaktor pada suatu lantai

M_{nl} : momen nominal penampang kiri

M_{nr} : momen nominal penampang kanan

W_u : beban terfaktor per unit luas

L_n : bentang balok

Nilai f_c' yang digunakan di dalam pasal ini tidak boleh melebihi 8,3 MPa kecuali seperti yang di perbolehkan dalam pasal 11.1.2.1

Kuat geser beton yang dibebani oleh geser dan lentur $\phi V_u \geq V_n$

$$V_n = V_c + V_s$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.1)

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'}bw.d$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.2.1.1)

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.4.7.2)

Kontrol Kondisi:

- Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

- Kondisi 2

$$0,5 \times V_c \leq V \leq \phi \times V_c$$

→(Tidak perlu tulangan geser minimum)

$$(V_{s\text{perlu}} = V_{s\text{min}})$$

- Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_{s_{\min}})$$

→ (Perlu tulangan geser minimum)

$$(V_{s_{\text{perlu}}} = V_{s_{\min}})$$

- Kondisi 4

$$(\phi \times V_c + \phi V_{s_{\min}}) < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_{s_{\max}})$$

→ (Perlu tulangan geser minimum)

$$(\phi V_{s_{\text{perlu}}} = V_u - \phi \times V_c)$$

- Kondisi 5:

$$\phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b w . d \right) < V_u \leq$$

$$\phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b w . d \right) \rightarrow (\text{perlu tulangan geser})$$

Merencanakan diameter tulangan geser :

$$A_v = 2 \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$\text{Jarak antar sengkang (s)} = \frac{A_v f_y d}{V_{s_{\text{perlu}}}}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

3.7.2.3. Perhitungan tulangan torsi (puntir)

- Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u besarnya kurang dari:

a. Untuk komponen struktur non-prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.5.1.a)

b. Untuk komponen struktur prategang

$$\phi 0,083\lambda\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{fpc}{0,33\lambda\sqrt{fc'}}} \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.5.1.b)

- c. Untuk komponen struktur prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial

$$\phi 0,083\lambda\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{Nu}{0,33Ag\lambda\sqrt{fc'}}} \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.5.1.c)

- Untuk torsi komabilitas, batasi momen torsi desai sampai yang lebih kecil dari momen aktual T_u

- a. Untuk komponen struktur non-prategang

$$\phi 0,33\lambda\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.5.2.2.a)

- b. Untuk komponen struktur prategang

$$\phi 0,33\lambda\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{fpc}{0,33\lambda\sqrt{fc'}}} \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.5.2.2.b)

- c. Untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial

$$\phi 0,33\lambda\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{Nu}{0,33Ag\lambda\sqrt{fc'}}} \quad (SNI$$

2847-2013, Pasal 11.5.2.2.c)

- Harga kekuatan nominal desain T_n harus paling sedikit ekuivalen dengan T_u/ϕ berfaktor, dengan memproporsikan penampang tersebut sehingga :

- a. Untuk penampang solid

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{TuPh}{1,7Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b_w d} + 0,66\sqrt{fc'} \right)$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.1.a)

b. Untuk penampang berongga

$$\left(\frac{Vu}{b_w d}\right) + \left(\frac{TuPh}{1,7Aoh^2}\right) \leq \left(\frac{Vc}{b_w d}\right) + 0,66\sqrt{fc'}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.1.b)

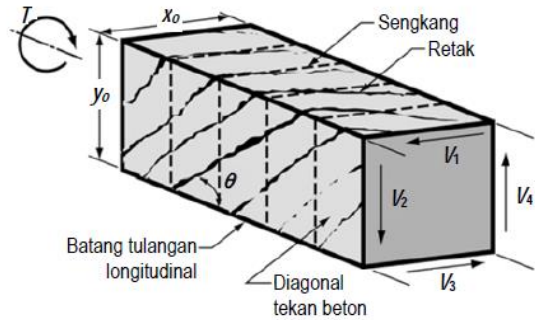
Jika ketebalan dinding kurang dari Aoh/Ph, suku kedua perumusan harus diambil sebesar $Tu/(1,7Aoh)$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.3)

- Pilih sengkang tertutup torsi perlu untuk digunakan sebagai tulangan transversal, sehingga :

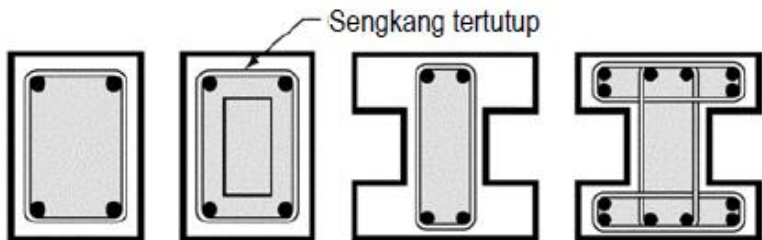
$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2Aofyv\cot\theta}$$

Kecuali bilamana menggunakan harga-harga Ao dan θ yang diperoleh dari analisis, gunakan $Ao = 0,85A_{oh}$ dan $\theta=45^\circ$ untuk anggota non prategang atau anggota prategang efektif tidak kurang dari 40% kekuatan tarik tulangan longitudinal.



Gambar 5. Analogi rangka batang (truss) ruang

(Sumber: SNI 2847-2013; Gambar S11.5.3.6(a))



A_{oh} = luas terarsir

Gambar 6. Definisi A_{oh}

(Sumber: SNI 2847-2013; Gambar S11.5.3.6(b))

Tulangan longitudinal tambahan haruslah :

$$A_t = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.7)

Tetapi tidak kurang dari :

$$A_t, \min = \frac{0,42\sqrt{f_c'}A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

Dimana A_t/s tidak boleh kurang dari
0,175bw/fyt.

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.5.3)

Spasi tulangan torsi transversal tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $P_h/8$ atau 300mm.

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.6.1)

Tulangan longitudinal yang diperlukan untuk torsi harus didistribusikan disekeliling parimeter sengkang tertutup dengan spasi maksimum 300mm. Batang tulangan longitudinal atau tendon harus berada di dalam sengkang. Pada setiap sudut sengkang harus ada paling sedikit 0,042 kali spasi sengkang, tetapi tidak kurang dari 10mm

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.6.2)

- Hitung tulangan geser perlu A_v per satuan spasi dalam penampang transversal. V_u adalah gaya geser eksternal berfaktor pada penampang kritis, V_c adalah tahanan geser nominal beton dalam web, dan V_s adalah gaya geser yang ditahan oleh sengkang :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{V_s}{f_y v d}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.4.7.2)

$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c'}bw d$, untuk beton non prategang

(SNI 2847-2013, Pasal 11.2.1.1)

$V_c = \left(0,05\lambda\sqrt{f'c'} + 4,8\frac{V_{udp}}{M_u}\right)bw d$, untuk beton prategang

(SNI 2847-2013, Pasal 11.3.2)

- Avt total, luasan sengkang tertutup untuk torsi dan geser, dan didesai sengkang sehingga :

$$Avt = Av + 2At = \frac{\sqrt{f'c'} bw s}{16 f_{yt}}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari $(0,35bw s)/f_{yt}$

(SNI 2847-2013, Pasal 11.5.5.2)

- Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir harus ditentukan dari:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (SNI \ 2847-2013, \text{ Pasal } 11.5.3.5)$$

- Maka T_n harus dihitung dengan:

$$T_n = \frac{2A_0 A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \quad (SNI \ 2847-2013, \text{ Pasal } 11.5.3.6)$$

3.7.2.4. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm

- Untuk batang ulir atau kawat ulir, l_d harus sebagai berikut:

Tabel 5. Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang ℓ_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$

(Sumber: SNI 2847-2013, Pasal 12.2.2)

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir, l_d harus sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{Cb + Ktr}{db} \right)} \right) db$$

Dimana ruas pengekanan $(Cb + Ktr)/db$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$Ktr = \frac{40 A_v}{sn}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $Ktr = 0$ sebagai penyederhanaan desai meskipun terdapat tulangan transversal. (SNI 2847-2013, Pasal 12.2.3)

Faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik adalah :

- a) Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan, $\Psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya $\Psi_t = 1$
- b) Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari 3db, atau spasi bersih kurang dari 6db, $\Psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya $\Psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis), $\Psi_e = 1$.
- c) Untuk batang tulangan atau kawat ulir D-19 atau yang lebih kecil, $\Psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D-22 dan yang lebih besar, $\Psi_s = 1$.
- d) Bila beton ringan digunakan λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct} ditetapkan (lihat 8.6.1). bila beton normal digunakan $\lambda = 1$.
(SNI 2847-2013, Pasal 12.2.4)

3.7.3 Kolom

3.7.3.1. Penulangan kolom

- a. Kontrol kelangsingan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}}$$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.2)

$$EI = \frac{(0,2E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d}, \text{ pilih}$$

nilai terkecil (10-14; 10-15)

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times \lambda_y)^2}$$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

Untuk komponen struktur tekan yang

dibressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \frac{k \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1)

Untuk komponen struktur tekan yang tidak

dibressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22 \quad (\text{Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1})$$

Dimana:

Ψ = rasio dari $\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)$ kolom terhadap

$\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}$ pada salah satu ujung

komponen struktur

E_c = Modulus elastisitas beton

I_g = momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbu

P_c = beban kritis

b. Pembesaran momen

- Pembesaran momen – tidak bergoyang
Komponen struktur tekan harus didesain untuk gaya aksial terfaktor P_u dan momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur M_c dimana
- $M_c = \delta_{ns} \times M_2$, dimana

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(klu)^2}$$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6)

Momen terfaktor M_2 , dalam persamaan tidak boleh diambil lebih kecil dari
 $M_{2min} = P_u(15,24 + 0,03h)$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.5)

- Pembesaran momen – bergoyang
Momen M_1 dan M_2 di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar :
- $M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7)

$$- M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7)

Dimana:

- δ_{ns} = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping
- C_m = suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen
- $M1s$ = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti
- $M2s$ = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti
- $M1ns$ = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti
- $M2ns$ = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

c. Perhitungan penulangan lentur

Hitung :

- Tentukan Harga β
- Nilai M_{ox} dan M_{oy}
- $M_{ox} = M_{nx} + M_{ny} \left[\frac{h}{b} \right] \left[\frac{1-\beta}{\beta} \right];$ untuk

$$\frac{M_{ny}}{M_{nx}} \leq \frac{b}{h}$$

- $M_{oy} = M_{ny} + M_{nx} \left[\frac{b}{h} \right] \left[\frac{1-\beta}{\beta} \right] ;$ untuk

$$\frac{M_{ny}}{M_{nx}} \leq \frac{b}{h}$$

- $\frac{P_u}{A_g}$ dan $\frac{\phi M_{ox}}{A_g \times h}$

- ρ_{perlu} didapat dari diagram interaksi
- $A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$

d. Perhitungan penulangan geser

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

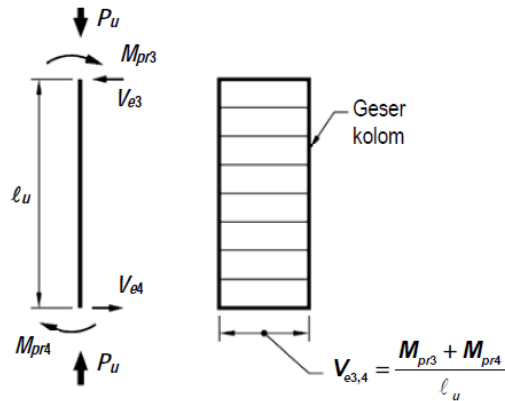
Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \right)$$

(Sumber: SNI 2847-2013)

(untuk daerah lapangan nilai V_c diambil setengah dari nilai tumpuan)

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n} + V_{1,2DL+1LL}$$



Gambar 7. Gaya lintang Rencana Pada Kolom Untuk SRPMM

(Sumber: SNI 2847-2013; Gambar S21.5.4)

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (V_c) harus dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = 1 + \frac{N_u}{14A_g} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b_w \times d$$

(Sumber: SNI 2847-2013)

e. Jarak spasi tulangan pada kolom

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2, pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi sepanjang l_o diukur dari muka joint.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

$$- \leq d/2$$

- $\leq 600\text{mm}$

f. Panjang penyaluran tulangan kolom

- Tulangan kondisi tarik

Tabel 6. Nilai l_d untuk batang ulir atau kawat ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang ℓ_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_e}{1,4\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_e}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$

(Sumber : SNI 2847-2013 Pasal
12.2.2)

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{pasang}}} \times \lambda_d$$

(Sumber : SNI 03-2847-2002 Pasal
12.2.5)

- Tulangan kondisi tekan

Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_{db} harus diambil sebesar yang terbesar

dari $\left(\frac{0,24 f_y}{\lambda\sqrt{f'_c}} \right) db$ dan $(0,043 f_y) db$

(Sumber : SNI 03-2847-2002 Pasal
12.3.2)

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times \lambda_d$$

(Sumber : SNI 03-2847-2002 Pasal 12.3.3)

- Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \text{ (untuk batang dengan } f_y \text{ sama dengan 400 MPa)}$$

(Sumber: SNI 2847-2013)

3.7.4 Pondasi

3.7.4.1. Perhitungan daya dukung tanah

$$Q = Q_p + Q_s$$

$$= 40 \cdot N \cdot A_p + (N_{av} \cdot A_s) / 5$$

Dimana :

Qu = daya dukung ultimate (ton)

Qp = daya dukung ujung tiang

Qs = daya dukung selimut tiang

N = nilai SPT pada ujung tiang

N_{av} = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

A_p = luas permukaan ujung tiang

A_s = luas selimut tiang

SF = *safety factor*

Kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

3.7.4.2. **Perencanaan tiang pancang**

Perhitungan jarak antar tiang pancang :

$$2,5 D \leq S \leq 4D$$

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer :

$$1,5D \leq S1 \leq 2D$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

$\theta = \arctg (D/S)$; dengan D adalah diameter tiang pancang dan S adalah jarak antar tiang pancang.

$$P_{\text{grouptiang}} = (\eta) \times P_{ijin}$$

Gaya yang dipikul tiang

$$P \text{ satu TP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum y^2}$$

Kontrol tiang pancang

$$P_{\max} \leq P_{ijin}$$

$$P_{\min} \leq P_{ijin}$$

$$P_{\max} \leq P_{\text{group tiang}}$$

3.7.4.3. **Perencanaan pile cap (poer)**

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih

besar dari geser pons yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan-persamaan berikut :

➤ Geser pons satu arah pada poer akibat tiang pancang

- Tentukan beban poer
 $P = P$ ijin tiang
- $V_u = \Sigma P$ ijin tiang
- $V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} x b \times d$
- $V_u \leq V_c$

➤ Geser pons dua arah poer akibat tiang pancang

- Kontrol kemampuan beton berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 13.12.2.1

$$1) \quad V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'c' x b_o x d}}{6}$$

Dimana :

βc = rasio dari sisi panjang
terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis

$$2) \quad V_c = \left(2 + \frac{\alpha s x d}{b_o}\right) \frac{\sqrt{f'c' x b_o x d}}{12}$$

$$3) \quad V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} x b_o \times d$$

Untuk perencanaan h poer, nilai d rencana harus diambil sebagai nilai terbesar dari persamaan-persamaan di atas.

1. Penulangan Lentur Poer

✓ Tentukan momen yang terjadi :

$$M_u = (Q \times l)/2 - (P_1 \times \text{jarak as tiang ke tepi kolom} \times 1,4)$$

$$M_n = M_u / \phi$$

✓ Hitung penulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$S_{\max} = 2 \times h$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}}$$

3.8 Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan meliputi :

- a. Gambar Arsitek
 - Gambar denah,
 - Gambar tampak.
- b. Gambar Potongan
 - Potongan memanjang bangunan
 - Potongan melintang bangunan
 - Potongan memanjang pelat

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Awal Struktur

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok min (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Pasal 9.5 tabel 9.5(a) dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu di control terhadap lendutan.

1. Dua tumpuan sederhana :

$$.h_{min} = \frac{1}{16} L_b$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$.h_{min} = \frac{1}{21} L_b$$

3. Kantilever

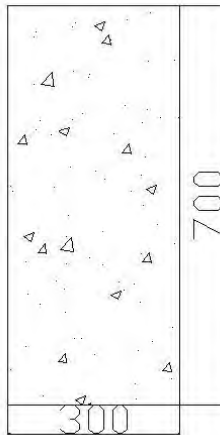
$$.h_{min} = \frac{1}{8} L_b$$

➤ **Balok Induk**

- Tipe balok : B1
- Bentang balok L_{balok} : 840 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

$h > 1/16 \times L \times (0,4 + (fy/700))$	$b > 2/3 h$
$h > 1/16 \times 840 \times (0,4 + (400/700))$	$b > 2/3 (70)$
$h > 51 \text{ cm}$	$b > 23 \text{ cm}$
$h \approx 70 \text{ cm}$	$b \approx 30 \text{ cm}$

$$h = 70 \text{ cm}$$
$$b = 30 \text{ cm}$$



Gambar 4. 2 Hasil Penampang Balok 1

➤ **Balok Anak**

Data perencanaan :

- Tipe balok : B2
- Bentang balok L_{balok} : 540 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

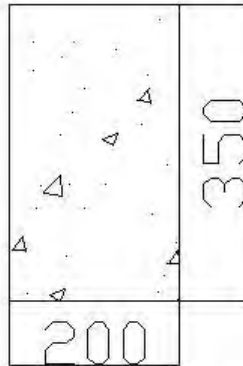
Direncanakan dimensi :

$$\begin{aligned}
 h &> 1/16 \times L \times (0,4 + (f_y/700)) & b &> 2/3 h \\
 h &> 1/16 \times 540 \times (0,4 + (400/700)) & b &> 2/3 (35) \\
 h &> 32,79 \text{ cm} & b &> 11,67 \text{ cm} \\
 h &\approx 35 \text{ cm} & b &\approx 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi pakai :

$$h = 35 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$



Gambar 4. 3Hasil Penampang Balok 2

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perhitungan dimensi kolom, diambil dari kolom lantai 1, lantai 2, lantai 3, lantai 4, dan lantai 5 sesuai dengan gambar denah yang terlampir. Sehubungan dengan jarak lantai yang sama maka dimensi kolom dari lantai 1 hingga lantai 5 adalah sama.

Berdasarkan PBBI 1989 pasal 13.7.4.1 bahwa momen inersia kolom pada sembarang penampang di luar join atau kepala kolom boleh didasarkan pada penampang bruto beton.

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

I_{kolom} = momen inersia kolom (cm^4)

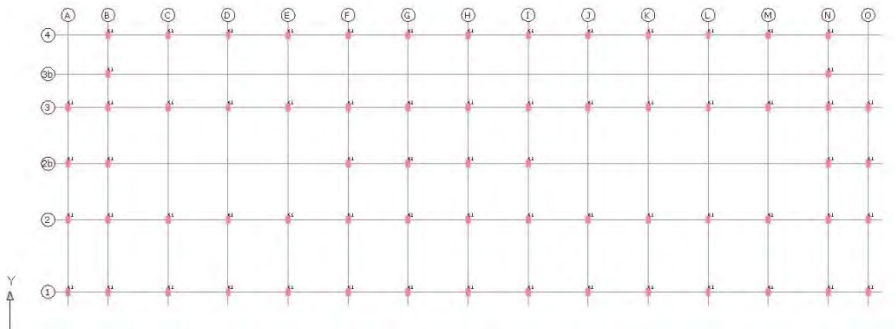
$I_{kolom} = 1/12 \times b \times h^3$

I_{balok} = momen inersia balok (cm^4)

$I_{balok} = 1/12 \times b \times h^3$

L_{kolom} = tinggi bersih antar lantai (cm)

L_{balok} = bentang bersih antar balok (cm)



Gambar 4. 4Denah Rencana Kolom

Data Perencanaan

- Tipe kolom : K – 1
- As kolom : E– 3
- Bentang kolom L_{kolom} : 350 cm
- Bentang balok L_{balok} : 840 cm
- Dimensi balok b_{balok} : 30 cm
- Dimensi balok h_{balok} : 70 cm

Dimana, $h_k = b_k$

$$\frac{EcI_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{EcI_{balok}}{L_{balok}}$$

$$I_{kolom} = \frac{I_{balok} \cdot L_{kolom}}{L_{balok}}$$

$$I_{kolom} = \frac{1/12 \cdot b_{balok} \cdot (h_{balok})^3 \cdot L_{kolom}}{L_{balok}}$$

$$I_{kolom} = \frac{1/12 \cdot 30 \cdot 70^3 \cdot 350}{840}$$

$$I_{kolom} = \frac{857500 \times 30}{840}$$

$$I_{kolom} = 357291,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} \cdot b_{kolom} \cdot (h_{kolom})^3$$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} \cdot (h_{kolom})^4$$

$$h_{kolom} = \sqrt[4]{I_{kolom} \cdot 12}$$

$$h_{kolom} = \sqrt[4]{357291,67 \cdot 12}$$

$$h_{kolom} = \sqrt[4]{4287500,04}$$

$$h_{kolom} = 45,5 \text{ cm}$$

$$h_{kolom} \approx 50 \text{ cm}$$

Direncanakan :

$$b_{kolom} = 30 \text{ cm}$$

$$h_{kolom} = 50 \text{ cm}$$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} \cdot b_{kolom} \cdot (h_{kolom})^3$$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot (50)^3$$

$$I_{kolom} = 312500 \text{ cm}^4$$

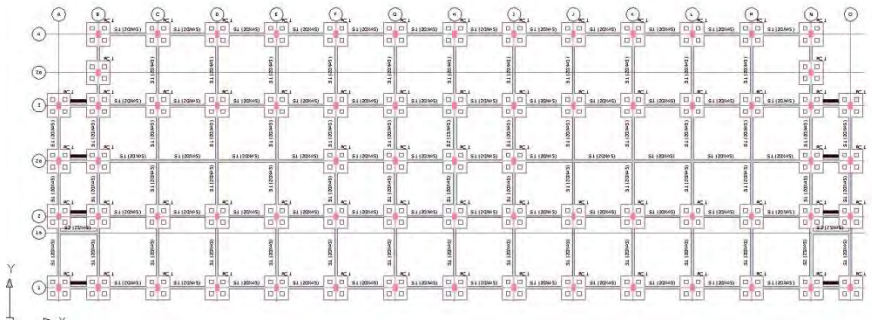
$$\frac{Ec x I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{Ec x I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{312500}{350} \geq \frac{857500}{840}$$

$$1041,67 \geq 1020,83 \quad (\text{oke})$$

Maka dimensi kolom 30 cm x 50 cm

4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof



Gambar 4. 5Denah Rencana Sloof

➤ Sloof

a. Data Perencanaan

- Tipe sloof : S - 1
- Bentang sloof L_{sloof} : 540 cm
- Bentang balok L_{balok} : 540 cm
- Dimensi balok b_{balok} : 30 cm
- Dimensi balok h_{balok} : 70 cm

Direncanakan dimensi :

$$h > 1/16 \times L \times (0,4 + (f_y/700))$$

$$h > 1/20 \times 840$$

$$h > 42 \text{ cm}$$

$$b > 2/3 h$$

$$b > 2/3 (45)$$

$$b > 15 \text{ cm}$$

$$h \approx 45 \text{ cm}$$

$$b \approx 20 \text{ cm}$$

Maka dimensi pakai :

$$h = 45 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

➤ Kesimpulan

Balok Induk yang dipakai :

- Balok Induk 30/70

Balok anak yang dipakai :

- Balok Anak 20/35

Kolom yang dipakai :

- Kolom 30/50

Sloof yang dipakai :

- Sloof 20/45
- Sloof 25/45

4.2 Perencanaan Struktur sekunder

4.2.1 Perhitungan Pelat

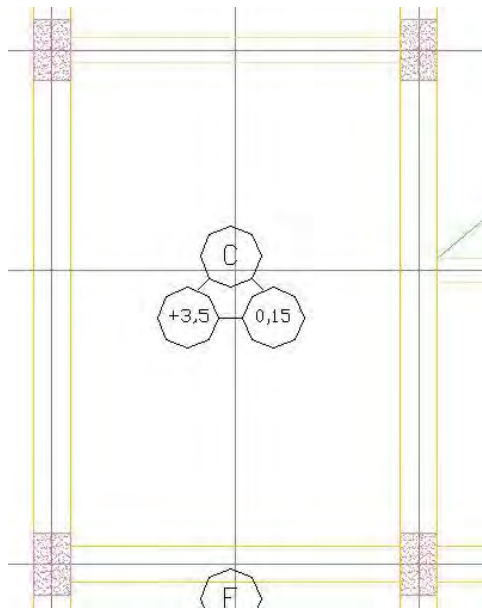
4.2.1.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Pembebanan pada pelat dibagi menjadi dua yaitu pembebanan pada pelat atap dan pembebanan pada pelat lantai. Hal ini dikarenakan beban yang bekerja pada pelat atap tidak sama dengan pelat lantai oleh karena itu perhitungan pembebanan dan perhitungan kebutuhan tulangnya dibedakan.

Perencanaan pelat pada lantai maupun atap direncanakan dengan anggapan terjepit elastis. Hal ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi.

a. Data-data perencanaan

- Tipe pelat : A (EL +3,50)
- As pelat : 1-2 joint B-B'
- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 240 MPa
- Rencana tebal pelat : 15 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 540 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 150 cm
- Balok (atas) B1 : 30/70
- Balok (bawah) B1 : 30/70
- Balok (kanan) B1 : 30/70
- Balok (kiri) B2 : 20/35



Gambar 4. 6Detail Pelat Tipe

b. Perhitungan perencanaan

Lendutan ijin

$$.Lendutan = \frac{L}{240} = \frac{5400}{240} = 22,5 \text{ mm}$$

Bentang bersih pelat sumbu panjang

$$.Ln = Ly - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2}$$

$$.Ln = 540 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 510 \text{ cm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek

$$.Sn = Lx - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2}$$

$$.Sn = 150 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 130 \text{ cm}$$

$$.\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{510}{130} = 4,25$$

➤ Balok kanan B1

Lebar Efektif

$$be = bw + 2 \text{ hw} = 30 + (2 \times (70 - 15)) = 140 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 \text{ hf} = 30 + (8 \times 15) = 150 \text{ cm}$$

maka nilai be (pakai nilai be yang terkecil) → 140cm

Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K Wang & C.G. Salmon Jilid 2 hal 131)

$$.k = \frac{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$.k = \frac{1 + \left(\frac{140}{30} - 1\right)\left(\frac{15}{70}\right)\left[4 - 6\left(\frac{15}{70}\right) + 4\left(\frac{15}{70}\right)^2 + \left(\frac{140}{30} - 1\right)\left(\frac{15}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{140}{30} - 1\right)\left(\frac{15}{70}\right)}$$

$$.k = 1,851$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k x b_w x \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 1,851 x 30 x \frac{70^3}{12}$$

$$I_b = 1269770 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Penampang

$$I_p = \frac{1}{12} b_p (t)^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot 540 (15)^3$$

$$I_p = 151875 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Pelat (α)

$$\alpha = \frac{I_{b \text{ balok}}}{I_{p \text{ pelat}}}$$

$$\alpha = \frac{1269770 \text{ cm}^4}{151875 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha = 8,36$$

(SNI 2847:2013 Pasal 13.3.6)

➤ Balok kiri B2

Lebar Efektif

$$b_e = b_w + 2 h_w = 20 + (2 \times (35 - 15)) = 60 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 h_f = 20 + (8 \times 15) = 140 \text{ cm}$$

maka nilai b_e (pakai nilai b_e yang terkecil) $\rightarrow 60 \text{ cm}$

Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K Wang & C.G. Salmon Jilid 2 hal 131)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{60}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{70}\right) + 4 \left(\frac{15}{70}\right)^2 + \left(\frac{60}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{60}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)}$$

$$k = 1,610$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k x b_w x \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 1,610 x 30 x \frac{70^3}{12}$$

$$I_b = 92013 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Penampang

$$I_p = \frac{1}{12} b_p (t)^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot 540 (15)^3$$

$$I_p = 42187,5 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Pelat (α)

$$\alpha = \frac{I_{b \text{ balok}}}{I_{p \text{ pelat}}}$$

$$\alpha = \frac{92013 \text{ cm}^4}{42187,5 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha = 2,18$$

(SNI 2847:2013 Pasal 13.3.6)

➤ Balok atas B1

Lebar Efektif

$$b_e = b_w + 2 h_w = 30 + (2 \times (70 - 15)) = 140 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 h_f = 30 + (8 \times 15) = 150 \text{ cm}$$

maka nilai b_e (pakai nilai b_e yang terkecil) $\rightarrow 140 \text{ cm}$

Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K Wang & C.G. Salmon Jilid 2 hal 131)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{140}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{70}\right) + 4 \left(\frac{15}{70}\right)^2 + \left(\frac{140}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{140}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)}$$

$$k = 1,851$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k x b_w x \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 1,851 x 30 x \frac{70^3}{12}$$

$$I_b = 1269770 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Penampang

$$I_p = \frac{1}{12} b_p (t)^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot 540 (12)^3$$

$$I_p = 151875 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Pelat (α)

$$\alpha = \frac{I_{b \text{ balok}}}{I_{p \text{ pelat}}}$$

$$\alpha = \frac{1269770 \text{ cm}^4}{151875 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha = 8,36$$

(SNI 2847:2013 Pasal 13.3.6)

➤ Balok bawah B1

Lebar Efektif

$$b_e = b_w + 2 h_w = 30 + (2 \times (70 - 15)) = 140 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 h_f = 30 + (8 \times 15) = 150 \text{ cm}$$

maka nilai b_e (pakai nilai b_e yang terkecil) $\rightarrow 140 \text{ cm}$

Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K Wang & C.G. Salmon Jilid 2 hal 131)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{140}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{70}\right) + 4 \left(\frac{15}{70}\right)^2 + \left(\frac{140}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{140}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)}$$

$$k = 1,851$$

Momen Inersia Penampang

$$.I_b = kxb_w x \frac{h^3}{12}$$

$$.I_b = 1,851 x 30 x \frac{70^3}{12}$$

$$.I_b = 1269770 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Penampang

$$.I_p = \frac{1}{12} b_p (t)^3$$

$$.I_p = \frac{1}{12} \cdot 540 (12)^3$$

$$.I_p = 151875 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Pelat (α)

$$.\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$.\alpha = \frac{1269770 \text{ cm}^4}{151875 \text{ cm}^4}$$

$$.\alpha = 8,36$$

(SNI 2847:2013 Pasal 13.3.6)

Dari keempat balok di sekeliling pelat di atas, didapat nilai rata-rata α_m :

$$.\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$.\alpha_m = \frac{8,36 + 2,18 + 8,36 + 8,36}{4}$$

$$.\alpha_m = 6,82$$

Karena $\alpha_m > 2$, maka dipakai perhitungan sesuai dengan **SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3** dimana ketebalan minimum pelat tidak boleh kurang dari:

$$.h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} < 90 \text{ mm}$$

$$.h = \frac{510 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9 (4,25)} < 90 \text{ mm}$$

$$.h = 89,125 < 90 \text{ mm}$$

Jadi, dimensi tebal pelat lantai menggunakan $t = 150 \text{ mm}$

4.2.1.2 Pembebanan Pelat

➤ Pelat Lantai

Beban yang bekerja pada pelat lantai juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L). Pembebanan yang terjadi dapat dilihat pada tabel berikut :

- Beban Mati

Tabel 4. 1Beban Mati Pelat Lantai

Berat Pelat	$0,15\text{m} \times 2.400 \text{ Kg/m}^3$	360 kg/m^2
Penggantung	7 Kg/m^2	7 kg/m^2
Plafond	11 Kg/m^2	11 kg/m^2
Spesi (2cm)	$2 \times 21\text{Kg/m}^2$	42 kg/m^2
Keramik (1cm)	$1 \times 24 \text{ Kg/m}^2$	24 kg/m^2
Instalasi listrik (asumsi)	40 Kg/m^2	40 kg/m^2
Berat Total		484 kg/m^2

- Beban Hidup

Beban hidup (q_L) rusun digunakan sebesar 250 kg/m^2 menurut PPIUG 1987.

Maka pelat lantai menerima beban rencana terfaktor ultimate Q_u sebagai berikut :

$$Q_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,2 \times 484) + (1,6 \times 250) \\
 &= 980,8 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

➤ Pelat Atap

Beban yang bekerja pada pelat atap juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L). Pembebanan yang terjadi dapat dilihat pada tabel berikut :

- Beban Mati

Tabel 4. 2Beban Mati Pelat Atap

Berat Pelat	0,13m x 2.400 Kg/m ³	312 kg/m ²
Penggantung	7 Kg/m ²	7 kg/m ²
Plafond	11 Kg/m ²	11 kg/m ²
Spesi (2cm)	2 x 21Kg/m ²	42 kg/m ²
Waterproof/Aspal (3cm)	3 x 14 Kg/m ²	42 kg/m ²
Instalasi listrik (asumsi)	40 Kg/m ²	40 kg/m ²
Berat Total		454 kg/m ²

- Beban Hidup

Beban hidup (q_L) rusun digunakan sebesar 100 kg/m² menurut PPIUG 1987.

Maka pelat lantai menerima beban rencana terfaktor ultimate Q_u sebagai berikut :

$$Q_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$$

$$= (1,2 \times 454) + (1,6 \times 100)$$

$$= 704,8 \text{ kg/m}^2$$

4.2.1.3 Perhitungan Penulangan Pelat

a Plat Precast

Data perencanaan :

- Type plat : Tipe A (AS 12-BB')
- Beban hidup rusun : 250 kg/m^2
- Beban Atap : 100 kg/m^2
- Beban hidup precast : 100 kg/m
- BJ beton normal : 2400 kg/m^3
- Tebal plat total lt. 1-4 : 15 cm
- Tebal plat total lt.5 : 13 cm
- Tebal plat precast : 10 cm
- Bentang pendek (l_x) : 1,5 m
- Bentang panjang (l_y) : 5,4 m
- Tulangan plat : $\emptyset 10$
- Tulangan susut plat : $\emptyset 10$

Perhitungan Momen Pada Plat Precast

$$\begin{aligned} q \text{ hidup precast} &= \text{beban hidup precast} \times L_y \\ &= 100 \text{ kg/m}^2 \times 5,4 \text{ m} \\ &= 540 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ hidup komposit} &= \text{beban hidup rusun} \times L_y \\ &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 5,4 \text{ m} \\ &= 1350 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ precast} &= \text{BJ beton normal} \times t. \text{ plat} \\
 &\quad \text{precast} \times L_y \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,1 \text{ m} \times 5,4 \text{ m} \\
 &= 1296 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ topping} &= \text{BJ beton normal} \times t. \text{ topping} \times \\
 &\quad L_y \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 5,4 \text{ m} \\
 &= 648 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u \text{ precast} &= 1,2(q \text{ precast} + q \text{ tping}) + 1,6 q \\
 &\quad \text{hidup precast} \\
 &= 1,2 (1296 \text{ kg/m} + 648 \text{ kg/m}) \\
 &\quad + 1,6 (540 \text{ kg/m}) \\
 &= 3196,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u \text{ komposit} &= 1,2(q \text{ precast} + q \text{ tping}) + 1,6 q \\
 &\quad \text{hidup precast} \\
 &= 1,2 (1296 \text{ kg/m} + 648 \\
 &\quad \text{kg/m}) + 1,6 (1350 \text{ kg/m}) \\
 &= 4492,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u \text{ precast} &= 1/8 \times q_u \text{ precast} \times L \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 3196,8 \text{ kg/m} \times 1,5^2 \\
 &= 899,1 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u \text{ komposit} &= 1/24 \times q_u \text{ komposit} \times L \times L^2 \\
 &= 1/24 \times 4492,8 \text{ kg/m} \times 1,5^2 \\
 &= 421,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Dari M_u precast dan M_u komposit diambil momen yang terbesar yaitu M_u precast.

$$\begin{aligned}
 M_u \text{ total} &= M_u \text{ precast} \times 10000 \\
 &= 899,1 \text{ kg.m} \times 10000
 \end{aligned}$$

$$= 8991000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu/m} &= \text{Mu total} / \text{Lx} \\ &= 8991000 \text{ Nmm} / 1,5 \text{ m} \\ &= 5994000 \text{ Nmm/m} \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Pada Plat Precast Dengan Metode One Way Slab

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan X} &= \text{Mu/m} \\ &= 5994000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{5994000}{0,8} \\ &= 7492500 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{t.plat precast} - \text{decking} - \phi \text{ lentur} / 2 \\ &= 100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} / 2 \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{t.plat precast} - \text{decking} - \phi \text{ lentur} - \phi \text{ lentur} / 2 \\ &= 100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 10 \text{ mm} / 2 \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{240} \\ &= 0,0058 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \left[\frac{600}{600 + 240} \right]$$

$$= 0,0645$$

(SNI 2847:2013 pasal 8.4.3)

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \cdot 0,0645$$

$$= 0,0484$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{240}{0,85 \cdot 30}$$

$$= 9,412$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.5)

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{7492500}{1000 \cdot (65)^2}$$

$$= 1,332$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2,9,412) \cdot 1,332}{240}} \right]$$

$$= 0,0057$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0057 < 0,0484 \rightarrow \text{[tidak memenuhi]}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 75 \text{ mm} \\ &= 437,500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{437,500} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 100 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 100

❖ Tulangan Susut

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{\text{Ssusut}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 300 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 5 \times 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\ &= 261,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{S_{pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{susut}} = 240 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 100

Ø tulangan lentur = 10 mm

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda (tulangan arah I_y dan tulangan arah I_x) maka tebal efektif dari pelat adalah :

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2}\phi_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right) \\ &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2}\phi_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right) \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagaimana pertimbangan nilai ekonomis, yaitu hemat dalam pemakaian baja tulangan serta diharapkan tebal penampang yang optimal, maka diperlukan adanya batasan – batasan rasio tulangan (prebandingan tulangan tarik dengan komponen tekan beton). Karena penampang yang tipis walaupun tulangannya banyak, dapat menimbulkan defleksi yang berlebihan.

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{240} \\ &= 0,0058 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \left[\frac{600}{600 + 240} \right] \\ &= 0,0645 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 8.4.3)

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,0645 \\ &= 0,0484\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{f_y}{\frac{0,85 \cdot f_c'}{240}} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{9,412}\end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.5)

Penulangan Tumpuan X

$$M_u = 15653200 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{15653200}{0,8} \\ &= 19566500 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{19566500}{1000 \cdot (125)^2} \\ &= 1,252\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2,9,412) \cdot 1,252}{240}} \right] \\ &= 0,0054\end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0054 < 0,0484 \rightarrow \text{[tidak memenuhi]}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} \\ &= 729,167 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{729,167} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 100 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 100

Penulangan Lapangan X

$$M_u = 5584400 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{5584400}{0,8} \\ &= 6980500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{6980500}{1000 \cdot (125)^2} \\ &= 0,447 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot 9,412) \cdot 0,447}{240}} \right] \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0019 < 0,0484 \rightarrow \text{[tidak memenuhi]}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} \\ &= 729,167 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{maks} \leq 2h$

$$S_{maks} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{729,167} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 100 \text{ mm} < S_{maks} = 300 \text{ mm (OK)}$$

Jadi, $S_{pakai} = 100 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 100

❖ Tulangan Susut Arah X

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{susut} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{S_{susut}} &= \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 5 \times 150\text{mm} = 750\text{mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300}$$

$$= 261,67 \text{ mm}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{susut}}} = 240 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

Penulangan Tumpuan Y

$$M_u = 6639600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{6639600}{0,8} \\ &= 8299500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{8299500}{1000 \cdot (115)^2} \\ &= 0,628 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2,9,412) \cdot 0,628}{240}} \right] \\ &= 0,0026 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0026 < 0,0484 \rightarrow [\text{tidak memenuhi}]$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm} \\ &= 670,833 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} \leq 2h$

$$S_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{670,833} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 100 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 100

Penulangan Lapangan Y

$$M_u = 4136300 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4136300}{0,8} \\ &= 5170375 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{5170375}{1000 \cdot (115)^2} \\ &= 0,391 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2,9,412) \cdot 0,391}{240}} \right] \\ &= 0,0016 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0016 < 0,0484 \rightarrow \text{[tidak memenuhi]}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$$

$$= 670,833 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{maks} \leq 2h$

$$S_{maks} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{670,833} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 100 \text{ mm} < S_{maks} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Jadi, $S_{pakai} = 100 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 100

❖ Tulangan Susut Arah Y

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{susut} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{susut} &= \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 5 \times 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\
 &= 261,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

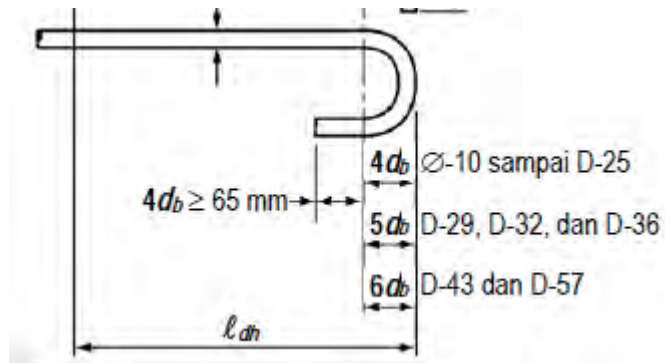
$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\phi 10 - 200$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{susut}}} = 240 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan plat memakai 4db

$$\begin{aligned}\text{Panjang penyaluran} &= 4 \times db \\ &= 4 \times 10 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

✚ Jadi, untuk tipe plat A dengan tebal plat 15 cm menggunakan tulangan **Ø10 – 100** berdasarkan perbandingan antara momen plat precast dengan plat komposit.

c. Pengangkatan Plat Precast

- Data perencanaan :
- f_c' = 30 MPa
- f_y = 240 MPa
- BJ beton = 2400 kg/m³
- Tebel plat (total) = 15 cm
- Tebal plat (precast) = 10 cm
- Koefisien kejut = 1,5
- Bentang pendek (l_x) = 1,5 m
- Bentang panjang (l_y) = 5,4 m
- Jumlah tumpukan = 8 buah
- Jumlah kayu penopang = 2 buah
- Kelas kuat kayu = IV
- σ tegak lurus serat = 10 kg/cm²
- Lebar kayu penopang (b) = 8 cm
- Tinggi kayu penopang (h) = 12 cm

$$\begin{aligned}
 S_n &= L_x - b \text{ balok induk}/2 - b \text{ balok induk}/2 \\
 &= 1,5 \text{ m} - 0,3 \text{ m}/2 - 0,3 \text{ m}/2 \\
 &= 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_n &= L_y - b \text{ balok induk}/2 - b \text{ balok induk}/2 \\
 &= 5,4 \text{ m} - 0,3 \text{ m}/2 - 0,3 \text{ m}/2 \\
 &= 5,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arah X} \quad \rightarrow a &= 0,207 \times S_n \\
 &= 0,207 \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 0,2484 \text{ m} \\
 b &= 0,586 \times L_n \\
 &= 0,586 \times 5,1 \text{ m} \\
 &= 0,7032 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arah Y} \quad \rightarrow a &= 0,104 \times S_n \\
 &= 0,104 \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 0,5304 \text{ m} \\
 b &= 0,292 \times L_n \\
 &= 0,292 \times 5,1 \text{ m} \\
 &= 1,4892 \text{ m} \\
 c &= 0,908 \times L_n \\
 &= 0,908 \times 5,1 \text{ m} \\
 &= 4,6308 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pembebanan Pelat :

$$\begin{aligned}
 q_d \text{ pracetak} &= \text{tebal plat precast} \times \text{BJ beton} \times L_n \\
 &= 0,1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 5,1 \text{ m} \\
 &= 1224 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \text{ } q_d \text{ pracetak} \\
 &= 1,2 \times 1224 \text{ kg/m} \\
 &= 1468,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ angkat} &= q_d \times \text{koefisien kejut} \\
 &= 1224 \text{ kg/m} \times 1,5 \\
 &= 1836 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Kontrol retak akibat pengangkatan :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c'} \text{ (beton umur 7 hari)} \\
 &= 0,7 \times \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 0,7 \\
 &= 3,208 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (0,1\text{mm})^3 \\
 &= 83.333.333 \text{ mm}^4/\text{m}
 \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{h/2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3,208 \text{ MPa} \times 83.333.333 \text{ mm}^4}{10 \text{ mm}/2} \\
 &= 5346338 \text{ Nmm/m} \\
 M_x &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 18,36 \text{ N/mm} \times (3,208 \text{ mm})^2 \\
 &= 141607 \text{ Nmm/m} \\
 M_y &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 18,36 \text{ N/mm} \times (530,4 \text{ mm})^2 \\
 &= 645639 \text{ Nmm/m}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan momen pelaksanaan terhadap momen retak

$$M_{cr} > M$$

$$5346338 \text{ Nmm/m} > 645639 \text{ Nmm/m} \quad (\text{OK})$$

Apabila momen pelaksanaan lebih kecil daripada momen crack maka beton tidak perlu tulangan dalam menahan momen. Sehingga kebutuhan tulangan pada saat pengangkatan bisa diabaikan.

Kontrol tumpukan pelat

$$\begin{aligned}
 W &= b_j \text{ beton} \times \text{tebal precast} \times S_n \times L_n \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,1 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 5,1 \text{ m} \\
 &= 1468,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat total tumpukan = $W \times \text{jumlah tumpukan}$

$$= 1468,8 \text{ kg} \times 8 \text{ buah}$$

$$= 11750,4$$

$W \text{ total} = \text{jumlah tumpukan} / (\text{jumlah kayu penopang} \times W)$

$$= 8 \text{ buah} / (2 \text{ buah} \times 1468,8 \text{ kg})$$

$$= 0,00272 \text{ kg}$$

Kayu = lebar kayu penopang $\times L \times \sigma$ tegak lurus serat

$$= 80 \text{ mm} \times 1500 \text{ mm} \times 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 12000 \text{ kg}$$

Syarat : Kayu $> W \text{ total}$

$$12000 \text{ kg} > 0,00272 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

d. Tipe Pelat Two Way

Pelat/slab adalah bidang tipis yang menahan beban – beban transversal melalui aksi lentur ke masing – masing tumpuan. Dalam desain, gaya – gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Sehingga dikenal dengan adanya pelat satu arah (one way slab) dan pelat dua arah (two way slab). Pada prinsipnya, pelat satu arah serupa dengan balok lebar yang memiliki gaya momen lentur terutama bekerja dalam satu arah (I_x), sedangkan pada pelat dua arah, momen lentur akan bekerja pada kedua arah bentang pelat (I_y dan I_x).

Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan PPIUG 1983 dengan fungsi tiap lantai. Kombinasi yang digunakan adalah :

$$U = 1,2DL + 1,6LL$$

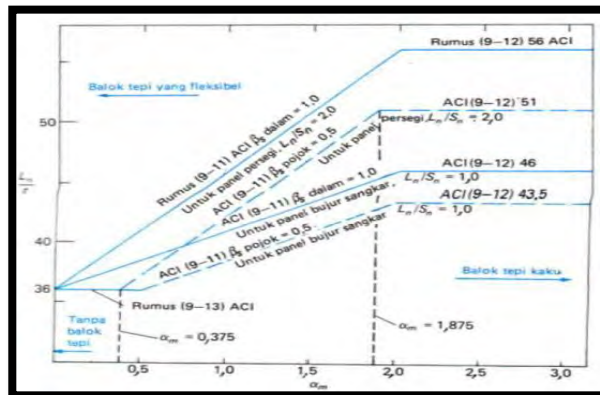
Dimana :

U = Beban ultimate pelat

DL = beban mati pelat

LL = Beban hidup pelat

Dalam buku desain beton bertulang jilid 2, oleh Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon menyatakan bahwa bila perbandingan dari bentang L (I_y) terhadap bentang pendek S (I_x) kurang dari 2, maka permukaan lendutan dari daerah yang diarsir (permukaan pelat) mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel (pelat), dengan demikian panel menjadi suatu pelat dua arah (two way slab).



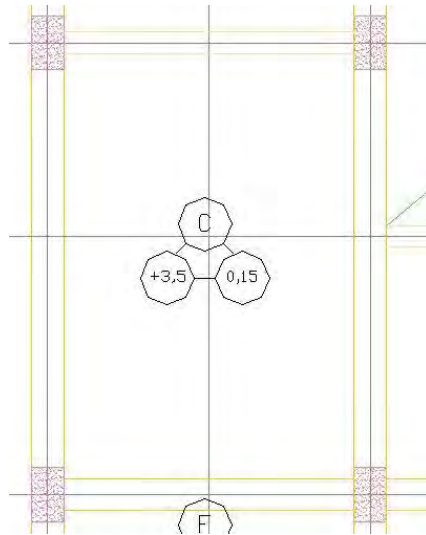
Gambar 4. 8 Diagram tebal pelat minimum

Pada perhitungan pelat akan dibahas contoh penulangan pelat lantai dari berbagai tipe. Untuk kebutuhan perhitungan penulangan pelat lantai pada tiap – tiap tipe dapat dilihat pada lampiran tabel tulangan yang telah terlampir dalam laporan proyek akhir.

Dalam perhitungan analisis pelat dua arah ini digunakan metode koefisien momen. Dimana nilai koefisien momennya didapat berdasarkan PBBI 1971 tabel 13.3.1. Karena nilai $\alpha_m = 2,4$ untuk tipe pelat $A \geq 1,875$; maka berdasarkan gambar 16.5 dalam buku Desain Beton Bertulang, oleh Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon bisa dikatakan bahwa pelat termasuk dalam pelat yang kaku/terjepit penuh.

➤ **Penulangan Pelat Lantai Tipe C**

Tipe Pelat	: As A-B 2b-3
Mutu beton (f_c')	: 30 MPa
Mutu baja (f_y)	: 240 MPa
B_1	: 0,85
b	: 1000 mm
Decking	: 20 mm
Tebal pelat (h)	: 150 mm
Bentang pelat sumbu panjang	: 420 cm
Bentang pelat sumbu pendek	: 300 cm



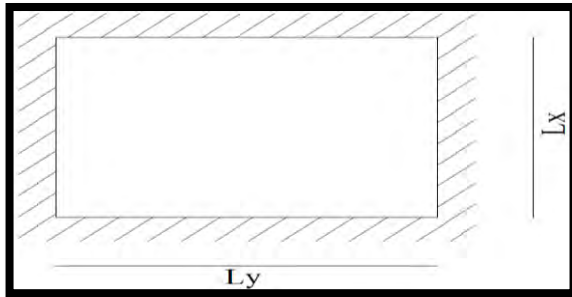
Gambar 4. 9 Denah pelat lantai

Dalam buku **Chu-Kia Wang dan Charles G.Salmon** menyatakan bahwa perletakan yang digunakan pada pelat terhadap balok dapat diasumsikan sebagai berikut:

- $\alpha_m \leq 0,375$ → tanpa balok tepi
- $1,875 > \alpha_m \geq 0,375$ → balok tepi yang fleksibel
- $\alpha_m \geq 1,875$ → balok tepi yang kaku

Dari perhitungan dimensi pelat di atas didapatkan :

$\alpha_m = 6,82 \geq 1,875$ yang berarti sebagai pelat dengan balok tepi yang kaku.



Gambar 4. 10 Denah perletakan tumpuan pelat lantai

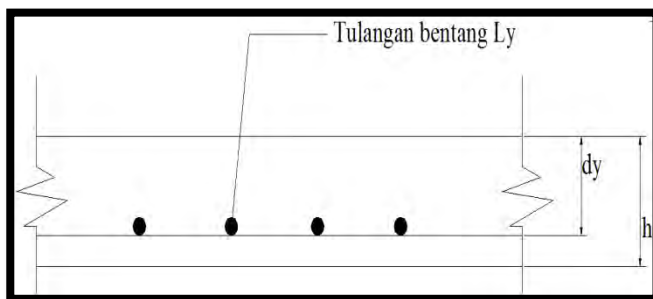
Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{420 \text{ cm}}{300 \text{ cm}} = 1,4 \leq 2 \rightarrow \text{"Two Way Slab"}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 13.6.1.2)

Direncanakan :

Ø tulangan lentur = 10 mm



Gambar 4. 11 Potongan pelat lantai

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda (tulangan arah I_y dan tulangan arah I_x) maka tebal efektif dari pelat adalah :

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right) \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right) \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagaimana pertimbangan nilai ekonomis, yaitu hemat dalam pemakaian baja tulangan serta diharapkan tebal penampang yang optimal, maka diperlukan adanya batasan – batasan rasio tulangan (prebandingan tulangan tarik dengan komponen tekan beton). Karena penampang yang tipis walaupun tulangannya banyak, dapat menimbulkan defleksi yang berlebihan.

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{240} \\ &= 0,0058 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \left[\frac{600}{600 + 240} \right] \\ &= 0,0645 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 8.4.3)

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \cdot 0,0645 \\
 &= 0,0484
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{\frac{0,85 \cdot f_c'}{240}} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \\
 &= 9,412
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.5)

Penulangan Daerah Tumpuan

➤ **Tumpuan Arah X**

$$M_u = 13004200 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{13004200}{0,8} \\
 &= 16255250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 14.8.3)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{16255250}{1000 \cdot (125)^2} \\
 &= 1,040
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot 9,412) \cdot 1,040}{240}} \right] \\
 &= 0,0044
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0044 < 0,0484 \rightarrow [\text{tidak memenuhi}]$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} \\ &= 729,167 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} \leq 2h$

$$S_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{729,167} \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 105 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 105 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 105

➤ **Lapangan Arah X**

$$M_u = 5766200 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{5766200}{0,8} \\ &= 7207750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{7207750}{1000 \cdot (125)^2} \\ &= 0,461 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2,9,412) \cdot 0,461}{240}} \right] \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0019 < 0,0484 \rightarrow [\text{tidak memenuhi}]$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} \\ &= 729,167 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{maks} \leq 2h$

$$S_{maks} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{371,875} \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 105 \text{ mm} < S_{maks} = 300 \text{ mm (OK)}$$

Jadi, $S_{pakai} = 105 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 105

❖ Tulangan Susut Arah X

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{susut} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{susut} &= \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 5 \times 150\text{mm} = 750\text{mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\
 &= 261,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{susut}}} = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

➤ **Tumpuan Arah Y**

$$M_u = 10504600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{10504600}{0,8} \\
 &= 13130750 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{13130750}{1000 \cdot (115)^2} \\
 &= 0,993
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2,9,412) \cdot 0,993}{240}} \right] \\
 &= 0,0042
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0042 < 0,0484 \rightarrow \text{[tidak memenuhi]}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm} \\
 &= 670,833 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} \leq 2h$

$$S_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{670,833} \\
 &= 115 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 115 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm (OK)}$$

Jadi, $S_{pakai} = 115 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 115$

➤ **Lapangan Arah Y**

$$M_u = 4072500 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4072500}{0,8} \\ &= 5090625 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{5090625}{1000 \cdot (115)^2} \\ &= 0,385 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot 9,412) \cdot 0,385}{240}} \right] \\ &= 0,0016 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,0016 < 0,0484 \rightarrow \text{[tidak memenuhi]}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga :

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0058$$

$$\text{jadi } \rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm} \\ &= 670,833 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{670,833} \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 115 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 115 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 115

❖ Tulangan Susut Arah Y

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 5 \times 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\ &= 261,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

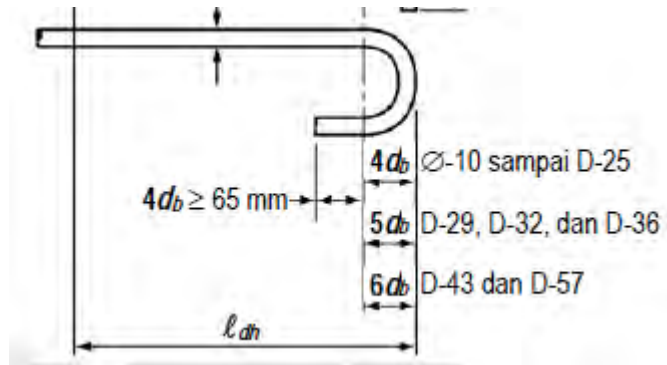
$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{S_{pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{susut}} = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

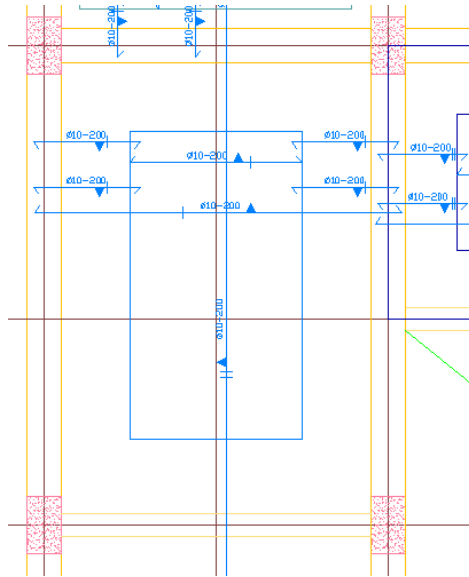
❖ Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan plat memakai $4d_b$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang penyaluran} &= 4 \times d_b \\
 &= 4 \times 10 \text{ mm} \\
 &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 12Detail penulangan plat tipe C

4.2.2 Perhitungan Tangga

4.2.2.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Tangga merupakan bagian dari elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai yang lain. Tangga merupakan elemen penting yang harus ada bangunan bertingkat, baik sebagai tangga utama maupun sebagai tangga darurat.

Berikut akan dibahas perencanaan dimensi dan penulangan tangga pada tangga dari lantai lower ground ke lantai ground. Adapun data-data, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000.

Tangga Darurat

Data-data perencanaan :

Letak tangga = Bagian samping bangunan

Panjang datar tangga = 2,25 m = 225 cm

Tinggi bordes = 1,75 m = 175 cm

Tebal rencana pelat tangga = 15 cm

Tebal rencana pelat bordes = 15 cm

Perhitungan Perencanaan Awal

Menentukan ukuran anak tangga

Kemiringan tangga = $\tan \alpha = T/I = 175/225 = 0,78$

Jadi, $T = 0,78 I$

Diambil satu langkah orang = 61 cm

$2T + I = 61 \text{ cm}$

$2(0,78 I) + I = 61 \text{ cm}$

$2,56 I = 61 \text{ cm}$

Diperoleh :

$I = \frac{61}{2,56} = 23,828 \text{ cm}$, dipakai lebar bidang injakan
 $= 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$

$T = 0,78 \times 23,828 = 17,5 \text{ cm}$, dipakai tinggi tanjakan
 $= 17,5 \text{ cm} = 175 \text{ mm}$

Sudut kemiringan tangga

$\alpha = \arctan \frac{t}{l}$
 $= \arctan \frac{17,5}{25}$

$$= 34,99^\circ \approx 35^\circ$$

Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 35^\circ \leq 40^\circ \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2 \cdot 17,5 \text{ cm}) + 25 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \rightarrow$$

Memenuhi

Jumlah tanjakan

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{\text{tinggi tangga}}{t} \\ &= \frac{175 \text{ cm}}{17,5 \text{ cm}} \\ &= 10 \approx 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jumlah injakan

$$\begin{aligned} N_i &= n_t - 1 \\ &= 10 - 1 \\ &= 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

Tangga Utama

Data-data perencanaan :

Letak tangga = Bagian tengah bangunan

Panjang datar tangga = 3 m = 300 cm

Tinggi tangga = 1,75 m = 175 cm

Tebal rencana pelat tangga = 15 cm

Tebal rencana pelat bordes = 15 cm

Perhitungan Perencanaan Awal

Menentukan ukuran anak tangga

Kemiringan tangga = $\tan \alpha = T/I = 175/300 = 0,583$

Jadi, $T = 0,583I$

Diambil satu langkah orang = 61 cm

$$2T + I = 61 \text{ cm}$$

$$2(0,583I) + I = 61 \text{ cm}$$

$$2,17I = 61 \text{ cm}$$

Diperoleh :

$$I = \frac{61}{2,17} = 28,11 \text{ cm, dipakai lebar bidang injakan}$$

$$= 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

$$T = 0,583 \times 28,11 = 16,38 \text{ cm, dipakai tinggi tanjakan}$$

$$= 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$$

Sudut kemiringan tangga

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\ &= \arctan \frac{15}{30} \\ &= 26,565^\circ \approx 27^\circ \end{aligned}$$

Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 27^\circ \leq 40^\circ \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2 \cdot 15 \text{ cm}) + 30 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jumlah tanjakan

$$\begin{aligned} nt &= \frac{\text{tinggi tangga}}{t} \\ &= \frac{175 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$= 10 \text{ buah}$$

Jumlah injakan

$$N_i = n_t - 1$$

$$= 11 - 1$$

$$= 9 \text{ buah}$$

4.2.2.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

Pembebanan beban yang ada pada komponen struktur tangga disesuaikan dengan ***Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)***. Dan karena komponen struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL). Dalam hal ini, perhitungan beban-beban tangga dibagi atas pembebanan pada anak tangga dan pembebanan pada bordes.

a. Perhitungan beban pelat tangga

- Beban mati

Berat anak tangga → Dihitung oleh SAP 2000

Berat sendiri pelat → Dihitung oleh SAP 2000

Berat spesi $t = 2 \text{ cm} = 42 \text{ kg/m}^2$

Berat keramik $t = 1 \text{ cm} = 24 \text{ kg/m}^2$

Railing (Asumsi) $= 10 \text{ kg/m}^2 +$

$q_{DL} = 76 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup

Beban untuk tangga $q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$

b. Perhitungan beban bordes tangga

- Beban mati

Berat sendiri pelat → Dihitung oleh SAP 2000

Berat spesi $t = 2 \text{ cm} = 42 \text{ kg/m}^2$

Berat keramik $t = 1 \text{ cm} = 24 \text{ kg/m}^2 +$
 $q_{DL} = 66 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup

Beban untuk bordes $q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$

4.2.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

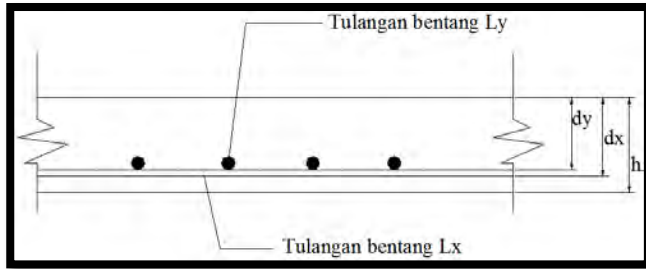
Plat Tangga Utama

Data Perencanaan :

- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tebal pelat (h) : 150 mm
- Decking (t) : 20 mm
- β_1 : 0,85
- D tul. Lentur : 16 mm
- Ø tul. Susut : 10 mm
- b : 1000 mm
- ρ susut : 0,002

Nilai momen yang diambil dari output SAP :

1. Momen tumpuan X = 28176700 Nmm
2. Momen lapangan X = 28038500 Nmm
3. Momen tumpuan Y = 39551100 Nmm
4. Momen lapangan Y = 35243200 Nmm



Gambar 4. 13 Potongan pelat tangga

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda (tulangan arah I_y dan tulangan arah I_x) maka tebal efektif dari pelat adalah :

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2}D_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right) \\ &= 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - D_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2}D_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right) \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagaimana pertimbangan nilai ekonomis, yaitu hemat dalam pemakaian baja tulangan serta diharapkan tebal penampang yang optimal, maka diperlukan adanya batasan – batasan rasio tulangan (prebandingan tulangan tarik dengan komponen tekan beton). Karena penampang yang tipis walaupun tulangannya banyak, dapat menimbulkan defleksi yang berlebihan.

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0,0325$$

(SNI 2847:2013 pasal 8.4.3)

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \cdot 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{400}{0,85 \cdot 30}$$

$$= 15,686$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.5)

Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 28176700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{28176700}{0,8}$$

$$= 35220875 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{35220875}{1000.(122)^2}$$

$$= 2,366$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686)2,366}{400}} \right]$$

$$= 0,0062$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0062 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0062 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 122 \text{ mm}$$

$$= 758,750 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{758,750}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$S = 250 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm (OK)}$$

Jadi, $S_{pakai} = 250 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai D16 – 250

❖ Tulangan Susut Arah X

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{susut} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{S_{susut}} &= \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$S_{maks} \leq 5h$ atau $S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$

$S_{maks} = 5 \times 150\text{mm} = 750\text{mm}$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\ &= 261,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{S_{pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{susut}} = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

Penulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 28038500 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{28038500}{0,8} \\ &= 35048125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{35048125}{1000 \cdot (125)^2} \\ &= 2,355 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 2,355}{400}} \right] \\ &= 0,0062 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0062 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0062 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 122 \text{ mm} \\ &= 754,828 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} \leq 2h$

$$S_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{754,828} \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 250 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm (OK)}$$

Jadi, $S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai D16 – 250

Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 39551100 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{39551100}{0,8} \\
 &= 49438875 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{49438875}{1000 \cdot (106)^2} \\
 &= 4,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) 4,4}{400}} \right] \\
 &= 0,0122
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0122 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0122 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 106 \text{ mm} \\ &= 1288,939 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} \leq 2h$

$$S_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{1288,939} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 150 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16 – 150

Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 35243200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{3524200}{0,8}$$

$$= 44054000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{44054000}{1000 \cdot (106)^2}$$

$$= 3,921$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 3,921}{400}} \right]$$

$$= 0,0107$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0107 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0107 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 106 \text{ mm}$$

$$= 1134,192 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{1134,192}$$

$$= 175 \text{ mm}$$

$$S = 175 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 175 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16 – 175

❖ Tulangan Susut Arah Y

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$

$$A_{S_{\text{susut}}} = \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat}$$

$$= 0,002 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm}$$

$$= 300 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 5 \times 150\text{mm} = 750\text{mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300}$$

$$= 261,67 \text{ mm}$$

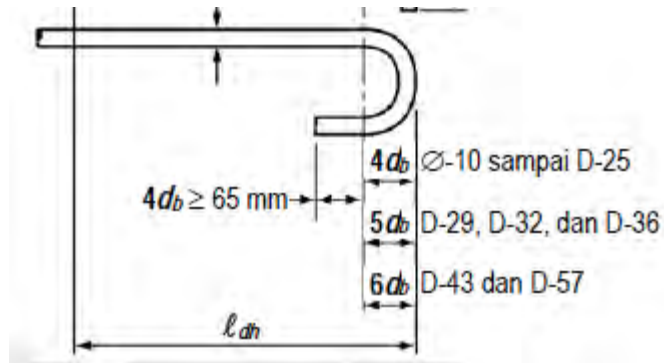
$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 10 - 200$

$$\begin{aligned}
 A_{Spakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{Spakai} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{Ssusut} = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart

Jadi panjang penyaluran tulangan plat memakai $4d_b$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang penyaluran} &= 4 \times d_b \\
 &= 4 \times 16 \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

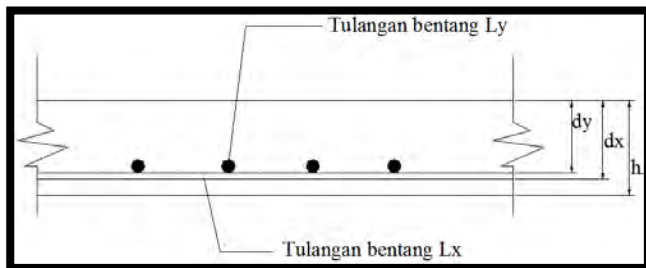
✚ Plat Bordes Tangga Utama

Data Perencanaan :

- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tebal pelat (h) : 150 mm
- Decking (t) : 20 mm
- β_1 : 0,85
- D tul. Lentur : 16 mm
- Ø tul. Susut : 10 mm
- b : 1000 mm
- ρ susut : 0,002

Nilai momen yang diambil dari output SAP :

5. Momen tumpuan X = 10481300 Nmm
6. Momen lapangan X = 39418200 Nmm
7. Momen tumpuan Y = 1847700 Nmm
8. Momen lapangan Y = 39632500 Nmm



Gambar 4. 14 Potongan pelat tangga

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda (tulangan arah I_y dan tulangan arah I_x) maka tebal efektif dari pelat adalah :

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2}D_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right) \\ &= 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - D_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2}D_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right) \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagaimana pertimbangan nilai ekonomis, yaitu hemat dalam pemakaian baja tulangan serta diharapkan tebal penampang yang optimal, maka diperlukan adanya batasan – batasan rasio tulangan (prebandingan tulangan tarik dengan komponen tekan beton). Karena penampang yang tipis walaupun tulangannya banyak, dapat menimbulkan defleksi yang berlebihan.

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85.f_c'.\beta}{f_y} \left[\frac{600}{600+f_y} \right] \\ &= \frac{0,85.30.0,85}{400} \left[\frac{600}{600+400} \right] \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 8.4.3)

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{fy}{\frac{0,85 \cdot fc'}{400}} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,686\end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.5)

Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 10481300 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{10481300}{0,8} \\ &= 13101625 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{13101625}{1000 \cdot (122)^2} \\ &= 0,88\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 0,88}{400}} \right] \\ &= 0,0022\end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0022 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 122 \text{ mm} \\ &= 427 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} \leq 2h$

$$S_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{427} \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 300 \text{ mm} \leq S_{\max} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Jadi, $S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai D16 – 300

❖ Tulangan Susut Arah X

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$

$$A_{S_{\text{susut}}} = \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,002 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm} \\
 &= 300 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 5 \times 150\text{mm} = 750\text{mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\
 &= 261,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned}
 A_{S_{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{S_{pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{susut}} = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

Penulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 39418200 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{39418200}{0,8} \\
 &= 49272750 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{49272750}{1000 \cdot (122)^2} \\
 &= 3,310
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 3,310}{400}} \right] \\
 &= 0,0089
 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0089 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0089 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 122 \text{ mm} \\
 &= 754,828 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{1085,429} \\
 &= 175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 175 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 175 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16 – 175

Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 1847700 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{1847700}{0,8} \\ &= 2309625 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{2309625}{1000 \cdot (106)^2} \\ &= 0,206 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 0,206}{400}} \right] \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0005 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0005 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 106 \text{ mm} \\
 &= 371 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{371} \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 300 \text{ mm} \leq S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm (OK)}$$

Jadi, $S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai D16 – 300

Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 39632500 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{39632500}{0,8} \\
 &= 49540625 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{49540625}{1000 \cdot (106)^2} \\
 &= 4,409
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) 4,409}{400}} \right] \\
 &= 0,0122
 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0112 < 0,0244 \rightarrow [\text{memenuhi}]$$

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0112 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 106 \text{ mm} \\
 &= 1291,905 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\text{maks}} \leq 2h$

$$S_{\text{maks}} = 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{1291,905} \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 150 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jadi, } S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16 – 150

❖ Tulangan Susut Arah X

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{\text{susut}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 5 \times 150\text{mm} = 750\text{mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{300} \\ &= 261,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

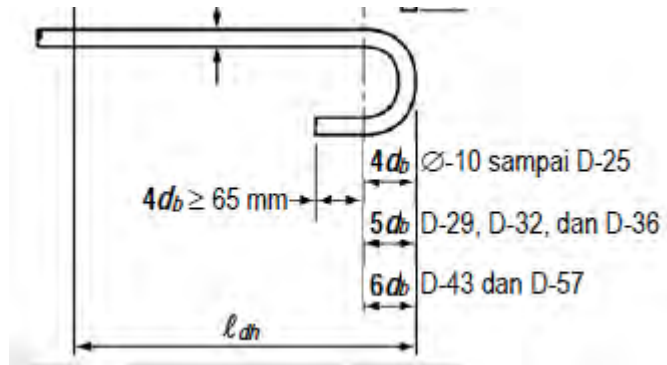
$$S = 261,67 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 > A_{\text{susut}} = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

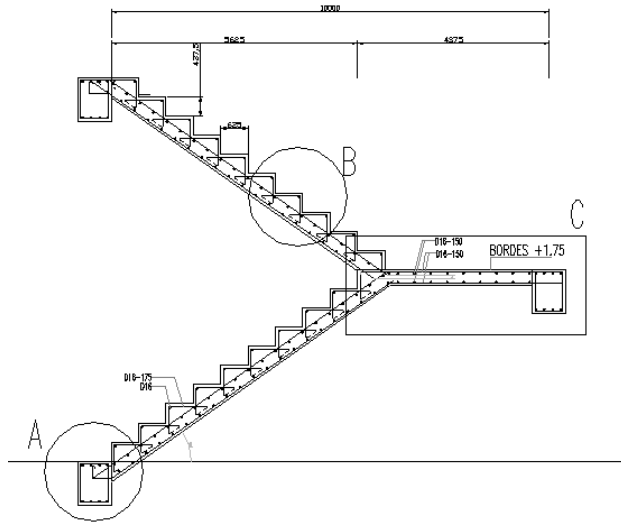
❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan plat memakai $4d_b$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang penyaluran} &= 4 \times d_b \\
 &= 4 \times 16 \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 16 Potongan tangga

4.3 Perencanaan Struktur Primer

4.3.1 Perhitungan Beban Gempa

Pembebanan Respon Spektrum Gempa Rencana

Definisi Kelas Situs				
Lapisan ke-i	Tebal lapisan	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	Di/Ni
1	10	Lempung	14,33	0,7
2	15	Lempung	37,09	0,4
Σ	25		51,42	1,1

$$N_{rata}^2 = \frac{25}{1,1} = 22,68$$

Dengan nilai $N = 22,68$ termasuk dalam tanah sedang (SD)

(SNI 1726-2012, Tabel 3)

Dari peta hazard kita dapatkan nilai S_s , S_I untuk gempa 500 tahunan (10% dalam 50 tahun)

$S_s = 0,4$ g (Lihat Gambar 2)

$S_I = 0,15$ g (Lihat Gambar 3)

Karena nilai $S_s = 0,4$ berada diantara $S_s \leq 0,25$ dengan $S_s = 0,5$ maka menggunakan cara interpolasi untuk mendapatkan nilai S_s

S_s	F_A
0,5	1,4
0,4	F_A
0,25	1,6

Tabel 4. 3Mencari nilai F_A

$$\frac{0,5-0,25}{1,4-1,6} = \frac{0,4-0,25}{x-1,6}$$

$$\frac{0,25}{-0,2} = \frac{0,15}{x-1,6}$$

$$x = 1,48$$

Jadi nilai F_A pada $S_s 0,4$ yaitu 1,48

Karena nilai $S_I = 0,15$ g berada diantara $S_I \leq 0,1$ dengan $S_I = 0,2$ maka menggunakan cara interpolasi untuk mendapatkan nilai S_I

S_I	F_v
0,2	2
0,15	F_v
0,1	2,4

Tabel 4. 4Mencari nilai Fv

$$\frac{0,2-0,1}{2-2,4} = \frac{0,15-0,1}{X-2,4}$$

$$\frac{0,1}{-0,4} = \frac{0,05}{X-2,4}$$

$$X = 2,20$$

Jadi nilai Fv pada S1 0,15 yaitu 2,20

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{MS} = 1,48 \times 0,4$$

$$S_{MS} = 0,59$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

$$S_{M1} = 2,20 \times 0,15$$

$$S_{M1} = 0,33$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} 0,59$$

$$S_{DS} = 0,39$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} 0,33$$

$$S_{D1} = 0,22$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{0,22}{0,39}$$

$$T_s = 0,56$$

$$T_0 = 0,2 T_s$$

$$T_0 = 0,2 \cdot 0,56$$

$$T_0 = 0,11$$

$$\text{Bila } T < T_O \rightarrow S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_O})$$

$$\text{Bila } T_O < T < T_S \rightarrow S_a = S_{DS}$$

$$\text{Bila } T > T_S \rightarrow S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

(Tabel 15 SNI 1726:2012)

Nilai C_t untuk rangka beton pemikul momen = 0,0466

hm (ketinggian gedung) = 15,5

x = 0,9

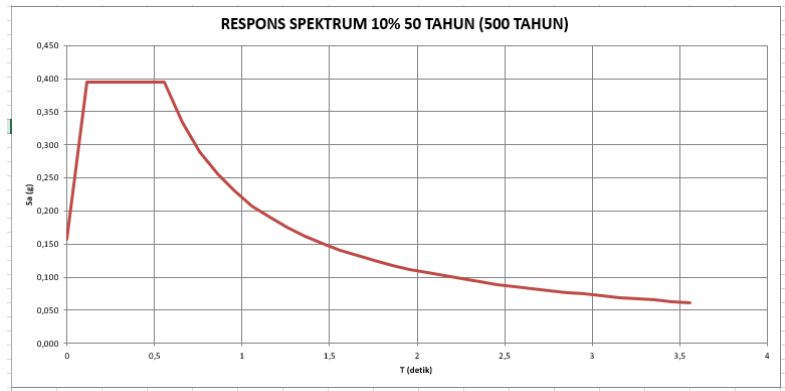
$T = C_t \cdot (hm)^x = 0,549$

T	T	S_a
(detik)	(detik)	(g)
0	0	0,158
T_o	0,11	0,395
T_s	0,56	0,395
$T_s+0,1$	0,66	0,335
$T_s+0,2$	0,76	0,290
$T_s+0,3$	0,86	0,257
$T_s+0,4$	0,96	0,230
$T_s+0,5$	1,06	0,208
$T_s+0,6$	1,16	0,190
$T_s+0,7$	1,26	0,175

Ts+0,8	1,36	0,162
Ts+0,9	1,46	0,151
Ts+1,0	1,56	0,141
Ts+1,1	1,66	0,133
Ts+1,2	1,76	0,125
Ts+1,3	1,86	0,118
Ts+1,4	1,96	0,112
Ts+1,5	2,06	0,107
Ts+1,6	2,16	0,102
Ts+1,7	2,26	0,097
Ts+1,8	2,36	0,093
Ts+1,9	2,46	0,090
Ts+2,0	2,56	0,086
Ts+2,1	2,66	0,083
Ts+2,2	2,76	0,080
Ts+2,3	2,86	0,077
Ts+2,4	2,96	0,074
Ts+2,5	3,06	0,072
Ts+2,6	3,16	0,070
Ts+2,7	3,26	0,068
Ts+2,8	3,36	0,066
Ts+2,9	3,46	0,064
Ts+3,0	4,56	0,062

Tabel 4. 5 Mencari nilai Sa

Dari tabel di atas didapatkan grafik respon spektrum sebagai berikut :



Gambar 4. 17Grafik Respons Spektrum 10% 50 Tahun

4.3.1.1 Input Respon Spektrum

1. Menginput code yang digunakan

Design – concrete frame design – view/revise preferences

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-05/IBC2003

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-05/IBC2003
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity	Yes
6 Seismic Design Category	D
7 Φ (Tension Controlled)	0.9
8 Φ (Compression Controlled Tied)	0.65
9 Φ (Compression Controlled Spiral)	0.7
10 Φ (Shear and/or Torsion)	0.75
11 Φ (Shear Seismic)	0.6
12 Φ (Joint Shear)	0.85
13 Pattern Live Load Factor	0.75
14 Utilization Factor Limit	0.95

Item Description:

Explanation of Color Coding for Values:
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values: All Items Selected Items
Reset To Previous Values: All Items Selected Items

OK Cancel

2. Menginput data respon spektrum
Define – function – respon spektrum

Define Response Spectrum Functions

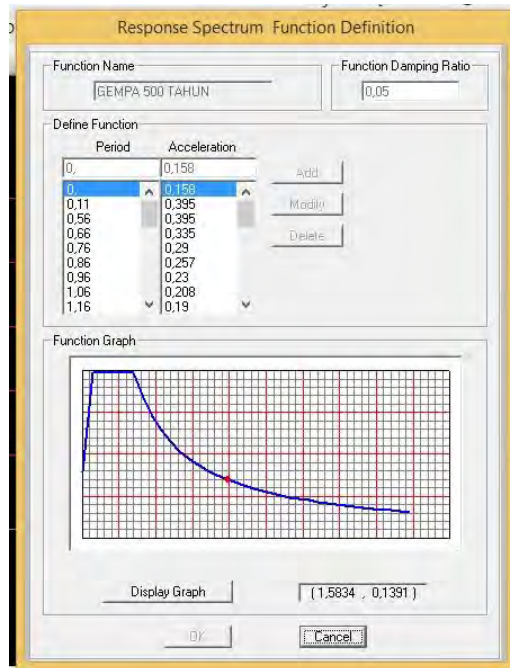
Response Spectra: GEMPA 500 TAHUN UNIFRS

Choose Function Type to Add: AASHTO 2006

Click to:

Add New Function...
Show Spectrum...
Delete Spectrum

OK Cancel



3. Menambah analisa respon spektrum

Define – load cases – klik GEMPA X – modify/show load cases

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: GEMPA X Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- ☒ CQC GMC f1: 1. GMC f2: 0. Periodic + Rigid Type: SRSS
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ CQC3
- ☐ Absolute Scale Factor: _____

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	GEMPA 500	1.96
Accel	U1	GEMPA-500 TA	1.96

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

- Pada load case type pilih response spectrume.
- Pilih accel pada load type – U1 pada load name – gempa 500 tahun pada function – 1,96 pada scale factor.

(nilai scale factor = $g(I/R) = 9,81(1/5) = 1,96$. I = 1 karena rusunawa termasuk dalam kategori resiko II dengan nilai I = 1, R = 5 karena bangunan menggunakan rangka beton

bertulang pemikul momen menengah, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ berdasarkan nilai gravitasi bumi.)

Define – load cases – klik GEMPA y – modify/show load cases

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: GEMPA Y Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:
☒ CQC GMC r1: 1.
☐ SRSS GMC r2: 0.
☐ Absolute Periodic + Rigid Type: SRSS
☐ GMC
☐ NRC 10 Percent
☐ Double Sum

Directional Combination:
☒ SRSS
☐ CQC3
☐ Absolute Scale Factor:

Modal Load Case:
 Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	GEMPA 500	1,96
Accel	U2	GEMPA 500 TA	1,96

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:
 Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show... OK Cancel

- c. Pada load case type pilih response spectrume.
- d. Pilih accel pada load type – U2 pada load name – gempa 500 tahun pada function – 1,96 pada scale factor.

(nilai scale factor = $g(I/R) = 9,81(1/5) = 1,96$. I = 1 karena rusunawa termasuk dalam kategori resiko II dengan nilai I = 1, R = 5 karena bangunan menggunakan rangka beton

bertulang pemikul momen menengah, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ berdasarkan nilai gravitasi bumi.)

4. Analisa ragam respon spektrum

Analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. (SNI 1726-2012 pasal 7.9.1)

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP didapatkan hasil bahwa pada ragam ke-12 jumlah kumulatif partisipasi massa pada arah X sebesar 99,9972 % dan arah Y sebesar 99,9881,5 %. Karena jumlah kumulatif partisipasi massa lebih dari 90% maka analisa dibatasi sampai ragam ke-12.

	OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
►	MODAL	Acceleration	UX	99,9972	96,5298
	MODAL	Acceleration	UY	99,9881	96,0006
	MODAL	Acceleration	UZ	0,0831	0,0059

5. Batasan simpangan yang terjadi

Simpangan antar lantai ijin terdapat pada (SNI 1726-2012 pasal 7.12.1 pada tabel 16)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^a$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^a	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1.

4.3.2 Perhitungan Balok

a. Balok Induk Precast:

Data perencanaan :

- Tipe balok (AS BC-4) = B1 (30/70)
- Bentang balok (L balok) = 4500 mm
- Dimensi balok precast(b balok) = 300 mm
- Dimensi balok precast(h balok) = 350 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_{yl}) = 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) = 400 MPa
- Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) = 16 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset geser) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir) = 13 mm

Menghitung momen pada balok induk precast

$$\begin{aligned}
 q_u \text{ Balok induk precast} &= 1,2 \times (\text{BJ beton} \times b \text{ balok} \\
 &\quad \text{induk precast} \times h \text{ balok induk} \\
 &\quad \text{precast} + \text{overtopping} \times \text{BJ} \\
 &\quad \text{beton}) \\
 &= 1,2 \times (2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times \\
 &\quad 0,35 \text{ m} + 0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 734 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u \text{ Balok anak precast (kanan)} &= 1,2 \times \text{BJ beton} \times b \\
 &\quad \text{balok anak precast} \times h \\
 &\quad \text{balok anak precast} \\
 &= 1,2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \\
 &\quad 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 115 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{qu plat precast (kanan)} &= 1,2 \times (\text{tebal plat} \times \text{BJ beton} \times \\ &\quad L/2) + 1,6 (\text{beban hidup} \\ &\quad \text{precast} \times L/2) \\ &= 1,2(0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \\ &\quad 5,4 \text{ m} / 2) + 1,6 (100 \text{ kg/m}^2 \times \\ &\quad 5,4 \text{ m} / 2) \\ &= 1589 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{qu total} &= \text{qu balok induk precast} + \text{qu balok anak} \\ &\quad \text{precast (kanan)} + \text{qu plat precast} \\ &\quad \text{(kanan)} \\ &= 734 \text{ kg/m} + 115 \text{ kg/m} + 1589 \text{ kg/m} \\ &= 2438 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen balok induk precast} &= 1/8 \times \text{qu total} \times L^2 \\ &= 1/8 \times 2438 \text{ kg/m} \times \\ &\quad (4,5 \text{ m})^2 \\ &= 6197 \text{ kg.m} \\ &= 61970000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Menghitung Gaya Lintang Pada Balok Induk Precast

$$\begin{aligned} \text{qu Balok induk precast} &= 1,2 \times (\text{BJ beton} \times b \text{ balok} \\ &\quad \text{induk precast} \times h \text{ balok induk} \\ &\quad \text{precast} + \text{overtopping} \times \text{BJ} \\ &\quad \text{beton}) \\ &= 1,2 \times (2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times \\ &\quad 0,35 \text{ m} + 0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3) \\ &= 734 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{qu Balok anak precast (kanan)} &= 1,2 \times \text{BJ beton} \times b \\
 &\quad \text{balok anak precast} \times h \\
 &\quad \text{balok anak precast} \\
 &= 1,2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \\
 &\quad \text{m} \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 115 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{qu plat precast (kanan)} &= 1,2 \times (\text{tebal plat} \times \text{BJ} \\
 &\quad \text{beton} \times L/2) + 1,6 \\
 &\quad (\text{beban hidup precast} \times \\
 &\quad L/2) \\
 &= 1,2(0,15 \text{ m} \times 2400 \\
 &\quad \text{kg/m}^3 \times 5,4 \text{ m} / 2) + \\
 &\quad 1,6 (100 \text{ kg/m}^2 \times \\
 &\quad 5,4 \text{ m} / 2) \\
 &= 1589 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{qu total} &= \text{qu balok induk precast} + \text{qu balok anak} \\
 &\quad \text{precast (kanan)} + \text{qu plat precast (kanan)} \\
 &= 734 \text{ kg/m} + 115 \text{ kg/m} + 1589 \text{ kg/m} \\
 &= 2438 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

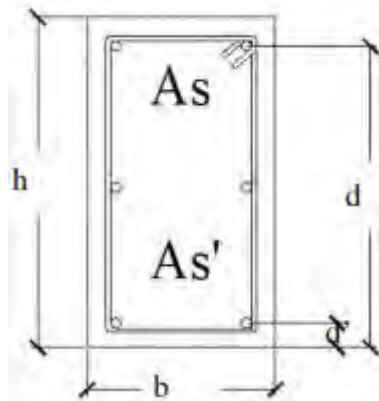
$$\begin{aligned}
 \text{Gaya lintang balok induk precast} &= 1/2 \times \text{qu total} \times L \\
 &= 1/2 \times 2438 \text{ kg/m} \times \\
 &\quad 4,5 \text{ m} \\
 &= 24786 \text{ kg.m} \\
 &= 247860000 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Balok Induk Precast

tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur} \\
 &= 350 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 392 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur} \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 58\text{mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 18Tinggi efektif Balok

➤ **Perhitungan Penulangan Lentur**
DAERAH TUMPUAN

Diambil momen yang terbesar dari moemn manual dengna SAP 2000

$$Mu_{tumpuan} = 4736 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu_{tumpuan}}{\phi} \\
 &= \frac{4736 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 5470 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_{c'}}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,052 \\ &= 0,0387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{5470 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (392 \text{ mm})^2} \\ &= 0,00021 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,00021 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0000005 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0000005 \leq 0,0387 \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\ &= 307 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{307 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$402 \text{ mm}^2 > 307 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\ &= 21 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 300mm \times 21 mm \\ &= 160850 N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As' \text{ pasang} \times f_y \\ &= 402 mm^2 \times 400 \frac{N}{mm^2} \\ &= 160850 N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 160850 \times \left(292 mm - \frac{21 mm}{2}\right) + \\ &160850 N \times (292 mm - 58 mm) \\ &= 82915842 Nmm \end{aligned}$$



Perhitungan Penulangan Geser

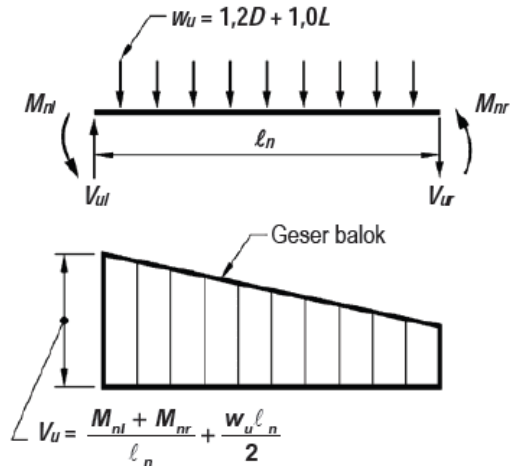
Dengan data balok sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_c' &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0,85 \\ \Phi \text{ reduksi} &= 0,75 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)

$$\begin{aligned} \text{Lebar balok (b)} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Tinggi balok (h)} &= 350 \text{ mm} \\ \text{Ø tulangan geser} &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada Balok didapat:



Gambar 4. 19 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$A_s \text{ pasang} = 402 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 402 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm}} \right) \\ &= 21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n\text{kiri}} &= M_{n\text{kanan}} \\ &= 4637 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + \frac{Wu \times Ln}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu$$

Dimana :

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

Mn_1 = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln = Panjang balok bersih
 $= 4500 \text{ mm} - 300 \text{ mm}$
 $= 4200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu \text{ tumpuan} \\ &= \frac{4637 \text{ N} + 4637 \text{ N}}{4200 \text{ mm}} + 4637 \text{ N} \\ &= 9275 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 79967 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 29200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 159935 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 319870 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.

Penulangan geser balok

1. Pada wilayah tumpuan

$$V_{u1} = 9275 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\ 9275 \text{ N} \leq 29987,625 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\ &= 29200 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times \pi \times d^2) \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 78,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times 3}{b} \\ &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 3}{300 \text{ N}} \\ &= 188 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 175 mm

2. Pada wilayah 2 (Daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times \left(\frac{1}{2}ln - 2h\right)}{\frac{1}{2}ln} \\ &= \frac{9275 \text{ N} \times \left(\frac{1}{2} \times 4200 \text{ mm} - 2 \times 350 \text{ mm}\right)}{\frac{1}{2} \times 4200 \text{ mm}} \\ &= 6183 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned}\sqrt{f_c'} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\ \sqrt{30} &\leq 8,3 \text{ MPa}\end{aligned}$$

5,48 MPa \leq 8,3 Mpa **(memenuhi)**

Kuat geser beton

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\ &= 79967 \text{ N}\end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 29200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 159935 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 319870 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Geser:

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \times \phi \times V_c \quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 6183 \text{ N} &\leq 29987,625 \text{ N} \quad \quad \quad \text{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\
 &= 29200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

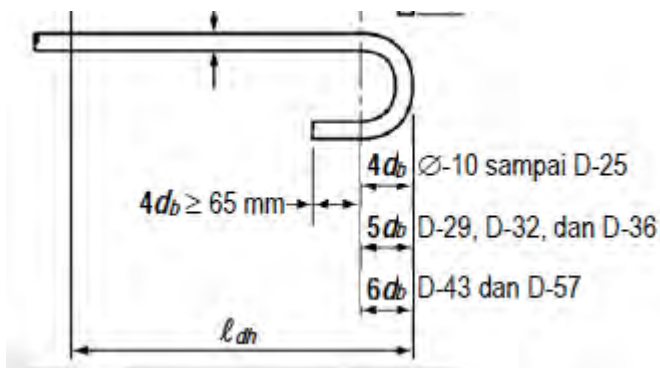
$$\begin{aligned}
 A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times 3,14 \times d^2) \\
 &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{S_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 292 \text{ mm}}{39200 \text{ N}} \\
 &= 188 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 175 mm.

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan plat memakai $4db$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang penyaluran} &= 4 \times db \\
 &= 4 \times 16 \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.3.2.1 Perhitungan Balok Induk

Perhitungan tulangan balok memanjang B1 (30/70). Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

Data-data perencanaan tulangan balok :

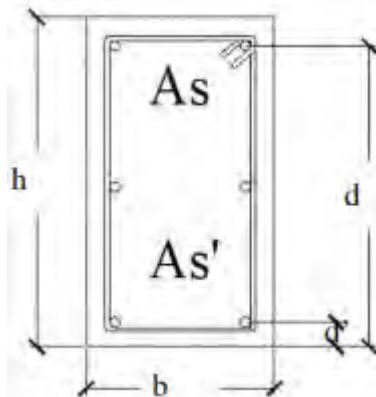
- Tipe balok = B1 (30/70)
(frame 123)
- Bentang balok (L balok) = 4500 mm
- Dimensi balok (b balok) = 300 mm
- Dimensi balok (h balok) = 700 mm
- Bentang kolom (L kolom) = 3500 mm
- Dimensi kolom (b kolom) = 300 mm
- Dimensi kolom (h kolom) = 500 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_{yl}) = 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) = 400 MPa
- Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) = 16 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset geser) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir) = 13 mm
- $\cot \theta^2$ = 1
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) = 25 mm
(SNI 2847:2013 pasal 7.6.1)
- Jarak spasi tulangan antar lapis = 25 mm
(SNI 2847:2013 pasal 7.6.2)
- Tebal selimut beton (t decking) = 40 mm
(SNI 2847:2013 pasal 7.7.1)
- Faktor β_1 = 0,85
(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,8
(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,75
(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75
(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur} \\ &= 700 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 642\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 20Tinggi efektif Balok

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, didapatkan hasil output dan diagram

gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok,

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- ❖ Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL dan}$$

$$1\text{D} + 1 \text{ L}$$

Kombinasi Beban Gempa :

- ❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQx} + 0,3 \text{ EQy dan}$$

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} - 1,0 \text{ EQx} - 0,3 \text{ EQy}$$

- ❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y.

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy dan}$$

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} - 0,3 \text{ EQx} - 1,0 \text{ EQy}$$

Hasil Output Diagram Torsi

$$T_u = 23645100 \text{ N}$$

Untuk perhitungan tulangan lentur balok diambil momen terbesar dari kombinasi pembebanan di atas :

Tumpuan kiri :

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 98638200 \text{ Nmm}$$

Lapangan :

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 30748600 \text{ Nmm}$$

Tumpuan kanan :

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 95070600 \text{ Nmm}$$

Hasil Output Diagram Gaya Geser dari SAP

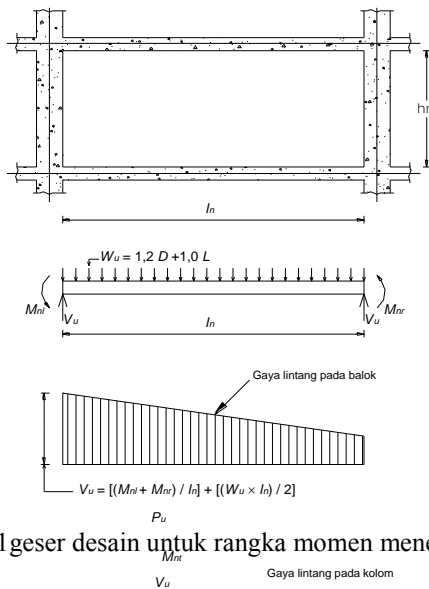
Tumpuan Kiri :

$$\text{Gaya geser terfaktor } V_u = 60538,4 \text{ N}$$

Tumpuan Kanan :

$$\text{Gaya geser terfaktor } V_u = 59251,7 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 21.3 untuk mendesain bangunan yang menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 21geser desain untuk rangka momen menengah

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 30/70



Gambar 4. 22 Luasan Acp dan Pcp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 300 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 210000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 \times (300 \text{ mm} + 700 \text{ mm}) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ &= (300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \times (700 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \\ &= 128100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \cdot ((b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}})) \\
 &= 2 \cdot ((300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) + (700 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm})) \\
 &= 1640 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D + 1,0L - 1EX - 0,3EY

$$T_u = 23645100 \text{ N}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{23645100}{0,75} \\
 &= 31480133 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{210000^2}{2000} \right)}{12} \\
 &= 7548301 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1(a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{210000^2}{2000} \right)}{3}
 \end{aligned}$$

$$= 30193206 \text{ Nmm}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2(a))

Cek Pengaruh Momen Puntir

$$T_u < \frac{\varphi \sqrt{f'c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \text{ maka tulangan puntir di abaikan}$$

$$T_u > \frac{\varphi \sqrt{f'c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \text{ maka memerlukan tulangan puntir}$$

$$8745600 \text{ Nmm} > 7548301 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Perlu tulangan puntir)}$$

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \times P_h}{1,7 \times A_o h^2} \right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \sqrt{f'c'}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{57089}{300 \times 642} \right)^2 + \left(\frac{8745600 \times 1640}{1,7 \times (128100)^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 300 \times 642}{300 \times 642} + \left(\frac{2 \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

$$1 \leq 3 \textbf{(memenuhi)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1(a))

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{S} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7)

Dengan $\frac{A_t}{S}$ dihitung dari persamaan dibawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6)

Dimana :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{31480133 \text{ Nmm}}{2 \times 128100 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{S} = 1 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{S} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \\ &= 1 \text{ mm} \times 1640 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 594 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$A_{l \min} = \frac{5 \sqrt{f'c} A_{cp}}{12 \times f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{S} \right) \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right)$$

$$= \frac{5 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2 \times 210000 \text{ mm}^2}}{12 \times 400 \text{ N/mm}^2} - (1 \text{ mm}) \times 1640 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$= 605 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.5.3)

Kontrol :

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$ maka gunakan $A_{l \text{ min}}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \text{ min}}$ maka gunakan $A_{l \text{ perlu}}$

$594 \text{ mm}^2 \leq 605 \text{ mm}^2$ (maka pakai $A_{l \text{ min}}$)

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar $1186,382 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{605 \text{ mm}^2}{4} = 151 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka, sisi atas dan bawah balok masing-masing mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar 245 mm^2 .

Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 151 \text{ mm}^2 = 302 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned}
 \text{Luas D13} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (13\text{mm})^2 \\
 &= 132,665 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan pasang} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan tulangan puntir}} \\
 &= \frac{302 \text{ mm}^2}{132,665 \text{ mm}^2} \\
 &= 4 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan puntir 4 D 13

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang puntir}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan tulangan puntir} \\
 &= 4 \times 132,665 \text{ mm}^2 \\
 &= 530,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\
 530,66 \text{ mm}^2 &\geq 490 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Lentur**DAERAH TUMPUAN KIRI**

Diambil momen yang terbesar, yaitu :

$$Mu_{\text{tumpuan}} = 98638200 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu_{\text{tumpuan}}}{\phi} \\
 &= \frac{98638200 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 123297750 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,052 \\ &= 0,0387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{164088000 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2} \\ &= 1,327 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,327 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0034 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0034 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d + A_l/4 \\ &= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} + 151 \\ &= 825,245 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{825,245 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik setelah ditambah luasan tambahan puntir (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 6 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 1206,372 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 1206,372 \text{ mm}^2 &> 825,245 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 151 \text{ mm}^2 \\ &= 151 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan pakai}}} \\
 &= \frac{151 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,22 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pasang}} &> As_{\text{perlu}} \\
 401,92 \text{ mm}^2 &> 151 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\
 S_{\text{maks}} &\leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (6 \times 16 \text{ mm})}{6 - 1} \\
 &= 21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$21 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 2 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \\
 &= \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah\ tul. \times D_{lentur})}{\frac{jumlah\ tulangan - 1}{2 - 1}} \\
 &= \frac{300\ mm - (2 \times 40\ mm) - (2 \times 10\ mm) - (2 \times 16\ mm)}{2 - 1} \\
 &= 168\ mm
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat\ sejajar}$$

$$168\ mm \geq 25\ mm \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok B1 (30/70) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
 Lapis 1 = 4D16
 Lapis 2 = 2D16
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
 Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lentur tumpuan (+)}} &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}} \\
 &\text{(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)}
 \end{aligned}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 6\text{D16} \\
 &= 6 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 1206,372 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As' pasang} &= 2\text{D16} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{M lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \times \text{M lentur tumpuan (-)} \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 1206,372 \text{ mm}^2 \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 402,124 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan tarik} &= 6\text{D16} \\
 \text{Tulangan tekan} &= 2\text{D16}
 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan tarik} &6\text{D16} = 1206,372 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai tulangan tekan} &2\text{D16} = 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{(1206,372 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 42,052 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 42,052 \text{ mm} \\
 &= 321699,087 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= \text{As' pasang} \times fy \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 160849,5439 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_{n_{\text{pasang}}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 321699,087 \times \left(642 \text{ mm} - \frac{42,052 \text{ mm}}{2}\right) + 160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\ &= 293702875,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka, $M_{n_{\text{pasang}}} > M_{n_{\text{perlu}}}$
 $293702875,8 \text{ Nmm} > 98638200 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (30/70) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 6D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 2 lapis
 Lapis 1 : 4D16
 Lapis 2 : 2D16
- Tulangan tekan minimum 1 lapis
 Lapis 1 : 2D16

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
 $1,2D + 1,0L - 1,0EX - 0,3EY$
 $M_{u_{\text{lapangan}}} = 30748600 \text{ Nmm}$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{u_{\text{lapangan}}}}{\phi} \\ &= \frac{30748600 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 38435750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

⇒ **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}}$$

$$= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,052$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,052$$

$$= 0,0387$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{66530000 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,538 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,538 \text{ N/mm}^2}{420 \text{ N/mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0014$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0014 \leq 0,0387$$

→ tidak memenuhi

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{min}} \times b \times d + A_l/4 \\ &= 0,0044 \times 300 \times 340,5 + 151 \\ &= 674,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{674,1 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur Tarik ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 804,248 \text{ mm}^2 &> 674,1 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 151 \text{ mm}^2 \\ &= 151 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan pakai}}} \\
 &= \frac{151 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,22 \text{ buah} \quad \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times luasan D \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$401,92 \text{ mm}^2 > 245 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} =$$

$$\begin{aligned}
 &\frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (6 \times 16 \text{ mm})}{6 - 1} \\
 &= 21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$45 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (\text{dipakai tulangan 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul. } \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (6 \times 16 \text{ mm})}{6 - 1} \\
 &= 168 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok B1 (30/70) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

$$\text{Lapis 1} = 4D16$$

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

$$\text{Lapis 1} = 2D16$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur lapangan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1})$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 4D16 \\
 &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 804,248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As' \text{ pasang} &= 2D16 \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ lentur lapangan (+)} &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur lapangan (-)} \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,082 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan :

$$\text{Tulangan tarik} = 4D16$$

$$\text{Tulangan tekan} = 2D16$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\text{As pakai tulangan tarik} \quad 4D16 = 804,248 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} \quad 2D16 = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 21,026 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 21,026 \text{ mm} \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \text{ pasang} \times fy \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 160849,5439 \text{ N} \times \left(642 \text{ mm} - \frac{21,026 \text{ mm}}{2}\right) + 160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 195510522,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $M_{n\text{pasang}} > M_{n\text{perlu}}$
 $195510522,8 \text{ Nmm} > 30748600 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (30/70) pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 4D16
- Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar:

$$M_{utumpuan} = 95070600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{utumpuan}}{\phi} \\
 &= \frac{95070600 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 118838250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 15,686$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,052 \\ &= 0,0387\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{191360375 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2} \\ &= 1,548 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,548 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0024\end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0024 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d + A_l/4 \\ &= 0,0035 \times 300 \times 642 + 151 \\ &= 825,501 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{825,501 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 6 \times 0,25 \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 1206,372 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 1206,372 \text{ mm}^2 &> 944,945568 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 151 \text{ mm}^2 \\ &= 151 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{245 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,219 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$402,124 \text{ mm}^2 > 176 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} =$$

$$\begin{aligned}
 &b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}}) \\
 &\quad \frac{\text{jumlah tulangan} - 1}{6 - 1} \\
 &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (6 \times 16 \text{ mm})}{6 - 1} \\
 &= 21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$21 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (\text{dipakai tulangan 2 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} =$$

$$\begin{aligned}
 &b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}}) \\
 &\quad \frac{\text{jumlah tulangan} - 1}{2 - 1} \\
 &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 168 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok B1 (30/70) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
Lapis 1 = 4D16
Lapis 2 = 2D16
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan } (+) \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 6\text{D16} \\ &= 6 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1206,372 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2\text{D16} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan (-)} \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 1206,372 \text{ mm}^2 \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 402,124 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 6D16

Tulangan tekan = 2D16

Kontrol kemampuan penampang :

As pakai tulangan tarik 6D16 = 1206,372 mm²

As pakai tulangan tekan 2D16 = 402,124 mm²

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \\
 &= \frac{(1206,372 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 42,052 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 42,052 \text{ mm} \\
 &= 321699,0877 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s' \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$M_{n\text{pasang}} = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d')$$

$$\begin{aligned}
 &= 321699,0877 \text{ N} \times \left(642 \text{ mm} - \frac{42,052 \text{ mm}}{2} \right) + 160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 293702875,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $M_{n\text{pasang}} > M_{n\text{perlu}}$
 $293702875,8 \text{ Nmm} > 191360375 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (30/70) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 6D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 2 lapis
 Lapis 1 : 4D16
 Lapis 2 : 2D16
- Tulangan tekan minimum 1 lapis
 Lapis 1 : 2D16

Perhitungan Penulangan Geser

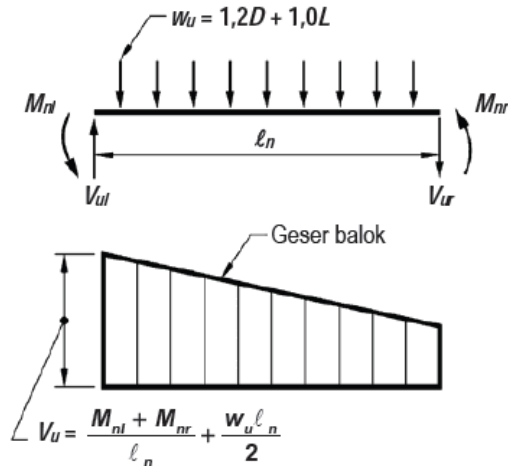
Dengan data balok sebagai berikut :

f_c'	= 30 MPa
f_y	= 400 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75

(SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)

Lebar balok (b)	= 300 mm
Tinggi balok (h)	= 700 mm
\emptyset tulangan geser	= 10 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada B1 (30/70), didapat :



Gambar 4. 23 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' pasang} = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pasang} \times f_y - \text{As' pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \\ &= \left(\frac{1206,372 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 - 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}} \right) \\ &= 42,052 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{n\text{kiri}} = M_{n\text{kanan}}$$

$$= \left[Cc'x \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] + [Cs'(d - d')]$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[321699,0877 \text{ N} \times \left(624 - \frac{42,052}{2} \right) \right] \times (160849,5439 \text{ N} - \\
 &(642 \text{ mm} - 58 \text{ mm})) \\
 &= 293702875,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output analisa SAP 2000 didapatkan:
 Gaya geser terfaktor $V_u = 60538,4 \text{ N}$
 (dimana V_u diambil tepat pada muka kolom)

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + \frac{Wu \times Ln}{2} \\
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + V_u
 \end{aligned}$$

Dimana :

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

Mn_1 = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln = Panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + V_u \text{ tumpuan} \\
 &= \frac{293702875,8 \text{ Nmm} + 293702875,8 \text{ Nmm}}{5100 \text{ mm}} + \\
 60538,4 \text{ N} \\
 &= 200396,912 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ Mpa (memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_{c'}} x b x d$$

$$= \frac{1}{6} x \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} x 300 \text{ mm} x 642 \text{ mm}$$

$$= 175818,941 \text{ N}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} x b x d$$

$$= \frac{1}{3} x 300 \text{ mm} x 642 \text{ mm}$$

$$= 64200 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} x \sqrt{f_{c'}} x b x d$$

$$= \frac{1}{3} x \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} x 300 \text{ mm} x 642 \text{ mm}$$

$$= 351637,8819 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} x \sqrt{f_{c'}} x b x d$$

$$= \frac{2}{3} x \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} x 300 \text{ mm} x 642 \text{ mm}$$

$$= 703275,7638 \text{ N}$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

3. Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
4. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.

Penulangan geser balok
 Pada wilayah tumpuan
 $V_{u1} = 200396,912 \text{ N}$

Cek Kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$ → Tidak perlu tulangan geser
 $200396,912 \text{ N} \leq 65932,10286 \text{ N}$ **(tidak memenuhi)**

Kondisi 2

$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$ → Tulangan geser minimum
 $65932,10286 \text{ N} \leq 200396,912 \text{ N} \leq 131864,2057 \text{ N}$
(tidak memenuhi)

Kondisi 3

$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{smin})$ → Tulangan geser minimum
 $131864,2057 \text{ N} \leq 200396,912 \text{ N} > 180014,2057 \text{ N}$
(tidak memenuhi)

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{smax})$ → Tulangan geser
 $180014,2057 \text{ N} \leq 200396,912 \text{ N} \leq 395592,6172 \text{ N}$
(memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_{Sperlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} = \frac{200396,912 \text{ N} - (0,75 \times 175818,941 \text{ N})}{0,75}$$

$$= 91376,94 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times \pi \times d^2) \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 78,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times 3}{b} \\ &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 3}{300 \text{ N}} \\ &= 132,43 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 125 mm

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq \frac{d}{2} \\ 125 \text{ mm} &\leq \frac{642 \text{ mm}}{2} \\ 125 \text{ mm} &\leq 321 \text{ mm} \quad \text{memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 125 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 125 mm

Pada wilayah 2 (Daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} = \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u2} &= \frac{v_{u1} \times \left(\frac{1}{2} \ln - 2h\right)}{\frac{1}{2} \ln} \\
 &= \frac{200396,912 \text{ N} \times \left(\frac{1}{2} \times 4200 \text{ mm} - 2 \times 700 \text{ mm}\right)}{\frac{1}{2} \times 4200 \text{ mm}} \\
 &= 47300,67077 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned}
 \sqrt{f_c'} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\
 \sqrt{30} &\leq 8,3 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
 &= 175818,941 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
 &= 64200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
 &= 351637,8819 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
 &= 351637,8819 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Geser:

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \times \phi \times V_c \quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 47300,67077 \text{ N} &\leq 65932,103 \text{ N} \quad \quad \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1.

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{1}{3} b \times d \\
 &= \frac{1}{3} 300 \times 642 \\
 &= 64200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times 3,14 \times d^2) \\
 &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{S_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 642 \text{ mm}}{64200 \text{ N}} \\
 &= 188,496 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 175 mm.

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2}$$

$$175 \text{ mm} \leq \frac{642 \text{ mm}}{2}$$

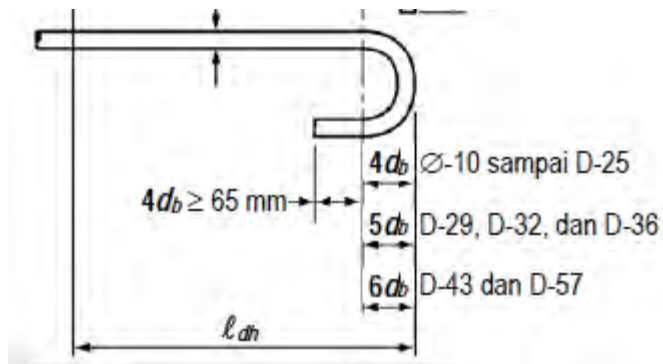
$$175 \text{ mm} \leq 321 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$175 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 175 mm

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan plat memakai $4d_b$

$$\text{Panjang penyaluran} = 4 \times d_b$$

$$= 4 \times 16 \text{ mm}$$

$$= 64 \text{ mm}$$

Penulangan geser balok untuk balok B1 (30/70) pada wilayah 2 (daerah lapangan) dipasang Ø10 - 175 mm dengan sengkang 2 kaki.

Tipe Balok	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (300 X 700) AS 3b (A - B) +3,50 L = 3000 mm			
Tulangan Atas	6 D 16	2 D 16	6 D 16
Tulangan Bawah	2 D16	4 D16	2 D16
Tulangan Samping	4 D13	2 D13	4 D13
Sengkang	Ø10 - 125	Ø10 - 175	Ø10 - 125
Cover	40 mm	40 mm	40 mm

Pengangkatan Balok Induk Precast

Data perencanaan :

- f_c' = 30 MPa
- f_y = 240 MPa
- BJ beton = 2400 kg/m³
- Tinggi balok induk (total) = 70 cm
- Tinggi balok induk (precast) = 35 cm
- Koefisien kejut = 1,5
- Bentang balok induk = 1,5 m

- Jumlah tumpukan = 8 buah
- Jumlah kayu penopang = 2 buah
- Kelas kuat kayu = IV
- σ tegak lurus serat = 10 kg/cm^2
- Lebar kayu penopang (b) = 8 cm
- Tinggi kayu penopang (h) = 12 cm

$$S_n = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L_n &= L - b \text{ kolom}/2 - b \text{ kolom}/2 \\ &= 4,5 \text{ m} - 0,3 \text{ m}/2 - 0,3 \text{ m} / 2 \\ &= 4,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow a = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow a = 1,188 \text{ m}$$

Pembebanan Pelat :

$$\begin{aligned} q_d \text{ pracetak} &= \text{tebal balok induk precast x BJ beton x L} \\ &= 0,35 \text{ m x } 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4,2 \text{ m} \\ &= 252 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d \text{ pracetak} \\ &= 1,2 \times 252 \text{ kg/m} \\ &= 302,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ angkat} &= q_d \times \text{koefisien kejut} \\ &= 302,4 \text{ kg/m} \times 1,5 \\ &= 378 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kontrol retak akibat pengangkatan :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c'} \text{ (beton umur 7 hari)} \\
 &= 0,7 \times \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 0,7 \\
 &= 3,208 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (350 \text{ mm})^3 \\
 &= 1071875000 \text{ mm}^4/\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{h/2} \\
 &= \frac{3,208 \text{ MPa} \times 1071875000 \text{ mm}^4}{10 \text{ mm}/2}
 \end{aligned}$$

$$= 19647793 \text{ Nmm/m}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 3,78 \text{ N/mm} \times (4200 \text{ mm})^2
 \end{aligned}$$

$$= 7560000 \text{ Nmm/m}$$

Kontrol kekuatan momen terhadap momen retak

$$M_{cr} > M$$

$$19647793 \text{ Nmm/m} > 7560000 \text{ Nmm/m} \quad (\text{OK})$$

Kontrol tumpukan pelat

$$\begin{aligned}
 W &= b_j \text{ beton} \times \text{tinggi balok induk precast} \times s_n \times l_n \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,35 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \\
 &= 1008 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total tumpukan} &= W \times \text{jumlah tumpukan} \\
 &= 1008 \text{ kg} \times 8 \text{ buah} \\
 &= 8064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ total} &= \text{jumlah tumpukan} / (\text{jumlah kayu penopang} \times W) \\
 &= 8 \text{ buah} / (2 \text{ buah} \times 1008 \text{ kg}) \\
 &= 4032 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kayu} &= \text{lebar kayu penopang} \times L \times \sigma \text{ tegak lurus serat} \\
 &= 80 \text{ mm} \times 4200 \text{ mm} \times 10 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 12000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat :} \quad &\text{Kayu} > W \text{ total} \\
 &12000 \text{ kg} > 4032 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.3.2.2 Perhitungan Balok Anak

a. Precast Balok Anak

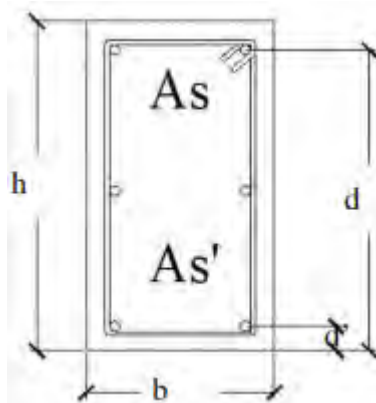
- Tipe balok (frame 227) = B2 (20/35)
- Bentang balok (L balok) = 5400 mm
- Dimensi balok precast (b balok) = 200 mm
- Dimensi balok (h balok) = 200 mm
- Bentang kolom (L kolom) = 3500 mm
- Dimensi kolom (b kolom) = 300 mm
- Dimensi kolom (h kolom) = 500 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_{yl}) = 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) = 400 MPa
- Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) = 16 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset geser) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir) = 13 mm

Perhitungan tulangan balok anak precast

tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur} \\ &= 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 24Tinggi efektif Balok

Perhitungan Penulangan Lentur DAERAH TUMPUAN

Diambil momen yang terbesar dari momen manual dengan SAP 2000

$$Mu_{tumpuan} = 1500,4 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu_{tumpuan}}{\phi} \\ &= \frac{1500,4 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 1,875 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

⇒ **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,052 \\ &= 0,0387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{1875 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (142 \text{ mm})^2} \\ &= 0,00046 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,00046 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,00000012 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \leq 0,00000012 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{tidak}$$

memenuhi

Maka, digunakan $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\ &= 99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{99 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$402 \text{ mm}^2 > 99 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 200} \\ &= 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 21 \text{ mm} \\
 &= 160850 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160850 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s' \times (d - d') \\
 &= 160850 \times \left(142 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2}\right) + \\
 &160850 \text{ N} \times (142 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 33815470 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Geser

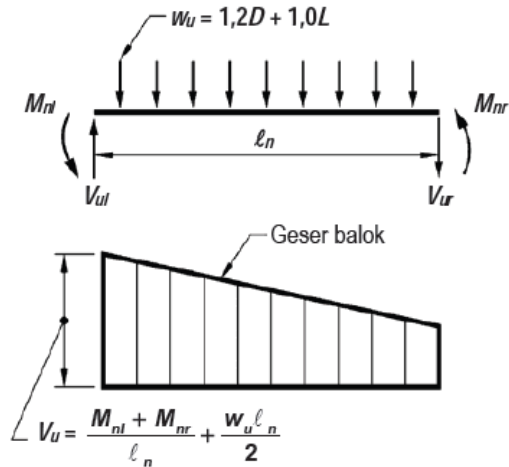
Dengan data balok sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 30 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \Phi \text{ reduksi} &= 0,75
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar balok (b)} &= 200 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi balok (h)} &= 200 \text{ mm} \\
 \text{\textcircled{O} tulangan geser} &= 10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada Balok didapat:



Gambar 4. 25 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$As_{pasang} = 402 \text{ mm}^2$$

$$As'_{pasang} = 402 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As_{pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm}} \right) \\ &= 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n_{kiri}} &= M_{n_{kanan}} \\ &= 24419 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + \frac{Wu \times Ln}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu$$

Dimana :

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

Mn_1 = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln = Panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu \text{ tumpuan}$$

$$= \frac{24419 \text{ N} + 24419 \text{ N}}{5100 \text{ mm}} + 24419 \text{ N}$$

$$= 42680 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm}$$

$$= 25926 \text{ N}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\
 &= 9467 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\
 &= 51851 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\
 &= 103702 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.

Penulangan geser balok

Pada wilayah tumpuan

$$V_{u1} = 42680 \text{ N}$$

Cek Kondisi :Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

→ Tidak perlu tulangan

geser

$$42680 \text{ N} \leq 9722,25 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3

$\phi \times V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow$ tulangan geser minimum

$$19444,5 \text{ N} < 42680 \leq 26544,75 \text{ N} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 4

$\phi (V_c + V_s \text{ min}) < V_u < \phi (V_c + V_s \text{ max}) \rightarrow$ geser struktural

$$26544,75 \text{ N} < 42680 \text{ N} < 58332 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$\begin{aligned} V_{S\text{perlu}} &= \frac{V_u - (\phi \text{ geser} \times V_c)}{\phi \text{ geser}} \\ &= \frac{42680 \text{ N} - (0,75 \times 25926 \text{ N})}{0,75} \\ &= 30981 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times \Pi \times d^2) \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 78,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s\text{ perlu}}} \\ &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 142 \text{ mm}}{30981 \text{ N}} \\ &= 86 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 75 mm
Pada wilayah 2 (Daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times \left(\frac{1}{2}ln - 2h\right)}{\frac{1}{2}ln} \\ &= \frac{42860 \text{ N} \times \left(\frac{1}{2} \times 5100 \text{ mm} - 2 \times 200 \text{ mm}\right)}{\frac{1}{2} \times 5100 \text{ mm}} \\ &= 35985 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned}\sqrt{f_c'} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\ \sqrt{30} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\ 5,48 \text{ MPa} &\leq 8,3 \text{ MPa} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Kuat geser beton

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\ &= 25926 \text{ N}\end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\ &= 9467 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\
 &= 51851 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 142 \text{ mm} \\
 &= 103702 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Geser:

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$ → Tidak perlu tulangan geser

$29419 \text{ N} \leq 9722,25 \text{ N}$ (**tidak memenuhi**)

Kondisi 3

$\emptyset \times V_c < V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s \text{ min}})$ → tulangan geser minimum

$9722,25 \text{ N} < 29419 \leq 26544,75 \text{ N}$ (**tidak memenuhi**)

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u < \emptyset (V_c + V_{s \text{ max}})$ → geser struktural

$26544,75 \text{ N} < 29419 \text{ N} < 58332 \text{ N}$ (**memenuhi**)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{V_u - (\phi \text{ geser} \times V_c)}{\phi \text{ geser}}$$

$$= \frac{29419 \text{ N} - (0,75 \times 25926 \text{ N})}{0,75}$$

$$= 22055 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times 3,14 \times d^2) \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 78,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 142 \text{ mm}}{22055 \text{ N}} \\ &= 121 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 100 mm.

b. Perhitungan Balok Induk

Perhitungan tulangan balok memanjang B2(20/35). Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

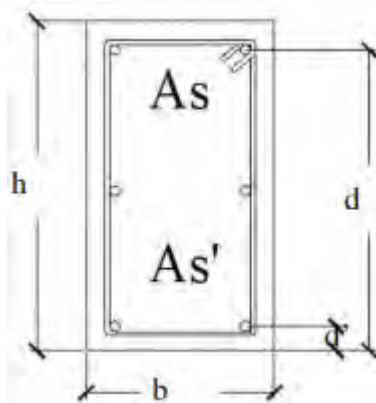
Data-data perencanaan tulangan balok :

Tipe balok	= B2 (20/35)
(frame 227)	
Bentang balok (L balok)	= 4500 mm
Dimensi balok (b balok)	= 200 mm
Dimensi balok (h balok)	= 350 mm
Bentang kolom (L kolom)	= 3500 mm
Dimensi kolom (b kolom)	= 300 mm

Dimensi kolom (h kolom)	= 500 mm
Kuat tekan beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_{yl})	= 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	= 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	= 400 MPa
Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur)	= 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	= 10 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	= 13 mm
$\text{Cot } \theta^2$	= 1
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	= 25 mm
	(SNI 2847:2013 pasal 7.6.1)
Jarak spasi tulangan antar lapis	= 25 mm
	(SNI 2847:2013 pasal 7.6.2)
Tebal selimut beton (t decking)	= 40 mm
	(SNI 2847:2013 pasal 7.7.1)
Faktor β_1	= 0,85
	(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,8
	(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
	(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	= 0,75
	(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur} \\
 &= 700 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 642 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur} \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 26 Tinggi efektif Balok

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok,

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- ❖ Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.
 $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$ dan
 $1 \text{ D} + 1 \text{ L}$

Kombinasi Beban Gempa :

- ❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.
 $1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 0,3 \text{ EQ}_y$ dan

- 1,2 DL + 1 LL - 1,0 EQx - 0,3 EQy
 ❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y.
 1,2 DL + 1 LL + 0,3 EQx + 1,0 EQy dan
 1,2 DL + 1 LL - 0,3 EQx - 1,0 EQy

Hasil Output Diagram Torsi

$$T_u = 2473,3 \text{ N}$$

Untuk perhitungan tulangan lentur balok diambil momen terbesar dari kombinasi pembebanan di atas :

Tumpuan kiri :

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 33406600 \text{ Nmm}$$

Lapangan :

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 15833700 \text{ Nmm}$$

Tumpuan kanan :

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 32769800 \text{ Nmm}$$

Hasil Output Diagram Gaya Geser dari SAP

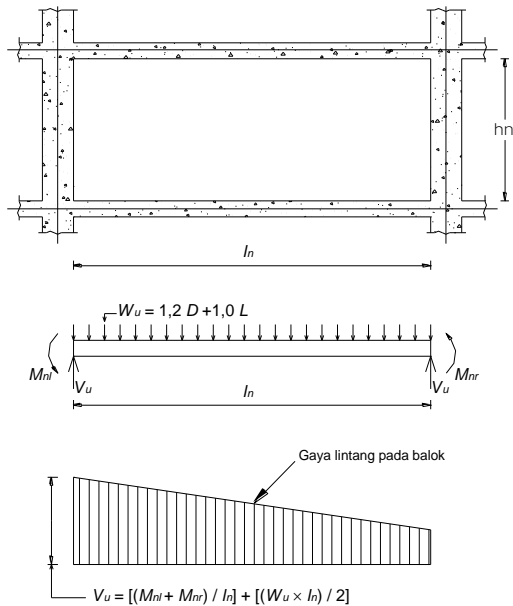
Tumpuan Kiri :

$$Gaya \text{ geser terfaktor } V_u = 24756,7 \text{ N}$$

Tumpuan Kanan :

$$Gaya \text{ geser terfaktor } V_u = 23676,4 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 21.3 untuk mendesain bangunan yang menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 27 geser desain untuk rangka momen menengah

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 20/35



Gambar 4. 28 luasan Acp dan Pcp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 200 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} \\ &= 70000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 \times (200 \text{ mm} + 350 \text{ mm}) \\ &= 1100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ &= (200 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \times (350 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \\ &= 28600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \cdot ((b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})) \\ &= 2 \cdot ((200 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) + (350 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm})) \\ &= 740 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D + 1,0L - 1EX - 0,3EY

$$T_u = 2473300\text{N}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{24733300}{0,75} \\ &= 3297733 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{70000^2}{1100} \right)}{12} \\ &= 1524909 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1(a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{70000^2}{1100} \right)}{3} \\ &= 6099638 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2(a))

Cek Pengaruh Momen Puntir

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \quad \text{maka tulangan puntir di abaikan}$$

$$T_u > \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \quad \text{maka memerlukan tulangan}$$

puntir

2473300Nmm > 6099638Nmm **(Perlu tulangan puntir)**

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir
Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\left(\frac{1}{6} \sqrt{fc'} \times b \times d\right)}{b \times d} + \left(\frac{2 \sqrt{fc'}}{3}\right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{24756,7}{200 \times 642}\right)^2 + \left(\frac{2473300 \times 740}{1,7 \times (28600)^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\left(\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 200 \times 642\right)}{200 \times 642} + \left(\frac{2 \sqrt{30}}{3}\right) \right)$$

$$1 \leq 3 \text{(memenuhi)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1(a))

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{S} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}}\right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7)

Dengan $\frac{A_t}{S}$ dihitung dari persamaan dibawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6)

Dimana :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{3297733 \text{ Nmm}}{2 \times 28600 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{S} = 0,28261 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{S} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

$$=$$

$$0,28261 \text{ mm} \times 740 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \cot^2 45$$

$$= 125,479 \text{ mm}^2$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$A_{l \min} = \frac{5 \sqrt{f'c} A_{cp}}{12 \times f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{S} \right) \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right)$$

$$= \frac{5 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 70000 \text{ mm}^2}{12 \times 400 \text{ N/mm}^2} -$$

$$(0,28261 \text{ mm}) \times 740 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$= 273,902 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.5.3)

Kontrol :

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \min}$ maka gunakan $A_{l \min}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \min}$ maka gunakan $A_{l \text{ perlu}}$

$125,479 \text{ mm}^2 \leq 273,902 \text{ mm}^2$ (**maka pakai $A_{l \min}$**)

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar 1186,382 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{273,902 \text{ mm}^2}{4} = 68 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka, sisi atas dan bawah balok masing-masing mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar 68 mm^2 .

Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 68 \text{ mm}^2 = 136 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned} \text{Luas D13} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (13\text{mm})^2 \\ &= 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan pasang} &= \frac{A_{\text{spertu}}}{\text{Luasan tulangan puntir}} \\ &= \frac{136 \text{ mm}^2}{132,665 \text{ mm}^2} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan puntir 2 D 13

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$A_{\text{spasang puntir}} = n_{\text{pasang}} \times \text{luasan tulangan puntir}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 132,665 \text{ mm}^2 \\
 &= 265,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang \geq As perlu

$$265,33 \text{ mm}^2 \geq 136 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Maka, pada tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan dipasang tulangan puntir sebesar 2 D 13.

Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar

$$Mu_{\text{tumpuan}} = 33406600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu_{\text{tumpuan}}}{\phi} \\
 &= \frac{33406600 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 41758250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{fc'}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,052
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,052 \\
 &= 0,0387
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{41758250 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2} \\
 &= 2,449 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,449 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0064
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max} \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

$$0,0035 < 0,0064 \leq 0,0387$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0064$

Luasan tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d + A_l/4 \\
 &= 0,0064 \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} + 68 \\
 &= 445,0384 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{445,0384 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik setelah ditambah luasan tambahan puntir (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\
 &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &> As \text{ perlu} \\
 803,84 \text{ mm}^2 &> 445,0384 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 As \text{ perlu} &= As + \frac{A_l}{4} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 68 \text{ mm}^2 \\
 &= 68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{68 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,338 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As \text{ pasang} > As \text{ perlu}$$

$$401,92 \text{ mm}^2 > 68 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{200 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$12 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 2 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{200 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$68 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok B2 (20/35) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

$$\text{Lapis 1} = 2D16$$

$$\text{Lapis 2} = 2D16$$

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan } (+) \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 4\text{D16} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2\text{D16} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan } (+) &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-) \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,082 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &= 4\text{D16} \\ \text{Tulangan tekan} &= 2\text{D16} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

As pakai tulangan tarik 4D16 = 804,248 mm²

As pakai tulangan tekan 2D16 = 402,124 mm²

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 200} \\
 &= 31,539 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm} \times 31,539 \text{ mm} \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \text{ pasang} \times fy \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 160849,5439 \times \left(642 \text{ mm} - \frac{31,539 \text{ mm}}{2}\right) + 160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 82070333,04 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $Mn_{\text{pasang}} > Mn_{\text{perlu}}$
 82070333,04 Nmm > 41758250 Nmm (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B2 (20/35) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 2 lapis
Lapis 1 : 2D16
Lapis 2 : 2D16
- Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar

$$Mu_{lapangan} = 15833700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu_{lapangan}}{\phi} \\ &= \frac{15833700 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 19792125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,052$$

$$= 0,0387$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2}$$

$$= \frac{19792125 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,161 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,161 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0030$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0030 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d + A_l/4$$

$$= 0,0035 \times 200 \times 642 + 68$$

$$= 204,4 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (sisi atas)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}}$$

$$= \frac{204,4 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur Tarik ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 402,124 \text{ mm}^2 &> 204,4 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 68 \text{ mm}^2 \\ &= 68 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{68 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\ &= 0,338 \text{ buah} \quad \approx \text{dipakai 2 buah}\end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 401,92 \text{ mm}^2 &> 68 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah \text{ tul. } \times D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1} \\ &= \frac{200 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} > S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$68 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah \text{ tul. } \times D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1} \\ &= \frac{200 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$68 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok B2 (20/35) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur lapangan (+) } \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur lapangan (-)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 2D16 \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2D16 \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur lapangan (+) } &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur lapangan (-)} \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 402,124 \text{ mm}^2 \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 134,041 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &= 2D16 \\ \text{Tulangan tekan} &= 2D16 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik} &2D16 = 402,124 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan} &2D16 = 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{(402,126 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,126 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 0,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm} \times 0,000 \text{ mm} \\
 &= 0,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \text{ pasang} \times fy \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 0 \text{ N} \times \left(642 \text{ mm} - \frac{0,00 \text{ mm}}{2}\right) + \\
 &160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 37638793,26 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $Mn_{\text{pasang}} > Mn_{\text{perlu}}$
 $37638793,26 \text{ Nmm} > 19792125 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B2 (20/35) pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 2D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 2D16
- Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2D + 1,0L + 1,0EX + 0,3EY$$

$$Mu_{tumpuan} = 32769800 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu_{tumpuan}}{\phi} \\ &= \frac{32769800 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 40962250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{fc'}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,052 \\ &= 0,0387 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{40962250 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2} \\
 &= 2,402 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,402 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0063
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \leq 0,0063 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0063$

Luasan tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d + A_l \\
 &= 0,0063 \times 200 \times 642 \times 68 \\
 &= 438,655 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{438,655 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (pasang sisi atas)

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 0,25 \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 804,248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$804,248 \text{ mm}^2 > 438,655 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 68 \text{ mm}^2 \\
 &= 68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{68 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,338 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$402,124 \text{ mm}^2 > 68 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul. } \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{200 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \leq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$12 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 2 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul. } \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{200 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$68 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok B2 (20/35) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
Lapis 1 = 2D16
Lapis 2 = 2D16
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan } (+) \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 4D16 \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2D16 \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan } (+) &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-) \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,083 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &= 4D16 \\ \text{Tulangan tekan} &= 2D16 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik} &= 4D16 = 804,248 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan} &= 2D16 = 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 31,539 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm} \times 31,539 \text{ mm} \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \text{ pasang} \times fy \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 160849,5439 \text{ N} \times \left(642 \text{ mm} - \frac{31,539 \text{ mm}}{2}\right) + 160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 82070333,04 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $Mn_{\text{pasang}} > Mn_{\text{perlu}}$
 $82070333,04 \text{ Nmm} > 40962250 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B2(20/35) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 2 lapis
 Lapis 1 : 2D16
 Lapis 2 : 2D16

- Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

Perhitungan Penulangan Geser

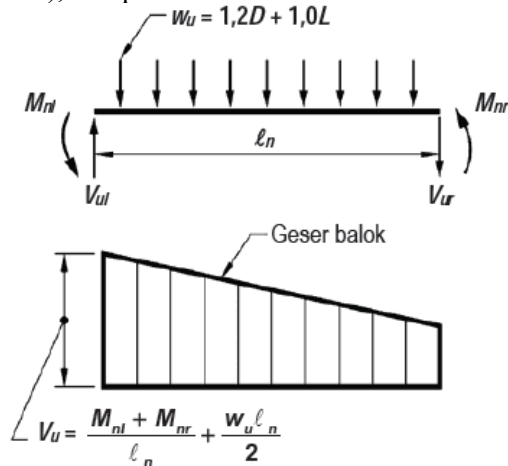
Dengan data balok sebagai berikut :

f_c'	= 30 MPa
f_y	= 400 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75

(SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)

Lebar balok (b)	= 200 mm
Tinggi balok (h)	= 350 mm
\emptyset tulangan geser	= 10 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada B2(20/35), didapat :



Gambar 4. 29 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$As \text{ pasang} = 804,248 \text{ mm}^2$$

$$As' \text{ pasang} = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As \text{ pasang} \times fy - As' \text{ pasang} \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 - 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm}} \right) \\ &= 31,539 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Mn_{\text{kiri}} = Mn_{\text{kanan}}$$

$$= \left[Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] + [Cs'(d - d')]$$

$$\begin{aligned} &= \left[160849,5439 \text{ N} \times \left(624 - \frac{31,539}{2} \right) \right] + (160849,5439 \text{ N} - \\ &(642 \text{ mm} - 58 \text{ mm})) \\ &= 8270333,04 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi dari analisa SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor $V_u = 24756,7 \text{ N}$

(dimana V_u diambil tepat pada muka kolom)

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mn_r}{Ln} + \frac{Wu \times Ln}{2} \\ V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mn_r}{Ln} + V_u \end{aligned}$$

Dimana :

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

Mn_1 = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

L_n = Panjang balok bersih

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{n1} + M_{nr}}{L_n} + V_u \text{ tumpuan} \\ &= \frac{82070333,04 \text{ Nmm} + 82070333,04 \text{ Nmm}}{4200 \text{ mm}} + \\ 24756,7 \text{ N} \\ &= 63837,811 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned} \sqrt{f_c'} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\ \sqrt{30} &\leq 8,3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5,48 MPa \leq 8,3 MPa **(memenuhi)**

Kuat geser beton

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\ &= 5311,662 \text{ N} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\ &= 19466,667 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
 &= 106623,3245 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm} \\
 &= 213246,649 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.

Penulangan geser balok

Pada wilayah tumpuan

$$V_{u1} = 63837,811 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c &\quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 63837,811 \text{ N} \leq 19991,873 \text{ N} &\quad \text{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c &\quad \rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 19991,873 \text{ N} \leq 63837,811 \text{ N} \leq 39983,747 \text{ N} &\quad \text{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3

$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{min}})$ → Tulangan geser minimum

$39983,747 \text{ N} \leq 63837,811 \text{ N} \leq 54538,747 \text{ N}$ **(tidak memenuhi)**

Kondisi 4

$\phi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{max}})$ → Tulangan geser

$54538,747 \text{ N} \leq 63837,811 \text{ N} \leq 119951,24 \text{ N}$ **(tidak memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$\begin{aligned} V_{s_{perlu}} &= \frac{V_u - (\phi \text{ geser} \cdot V_c)}{\phi \text{ geser}} \\ &= \frac{63837,811 \text{ N} - (0,75 \times 53311,662 \text{ N})}{0,75} \\ &= 31805,42 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times \Pi \times d^2) \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 78,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times 3}{b} \\ &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 3}{200 \text{ N}} \\ &= 173,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 125 mm

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &\leq \frac{d}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq \frac{642 \text{ mm}}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq 321 \text{ mm} \quad \textbf{memenuhi)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &\leq 600 \text{ mm} \\
 125 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 125 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok

Cek persyaratan berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

$$\begin{aligned}
 \text{a. } S_{\text{pakai}} &\leq \frac{d}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq \frac{642 \text{ mm}}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq 321 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } S_{\text{pakai}} &\leq 600 \text{ mm} \\
 125 &\leq 600 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Pada wilayah 2 (Daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln} \\
 Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times (\frac{1}{2}ln - 2h)}{\frac{1}{2}ln} \\
 &= \frac{63837,811 \text{ N} \times (\frac{1}{2} \times 4200 \text{ mm} - 2 \times 350 \text{ mm})}{\frac{1}{2} \times 4200 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$= 42558,54065 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm}$$

$$= 53311,6626 \text{ N}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm}$$

$$= 19466,667 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm}$$

$$= 106623,3245 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm}$$

$$= 213246,6491 \text{ N}$$

Cek Kondisi Geser:Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$42558,54065 \text{ N} \leq 19991,873 \text{ N} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \quad \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$19991,873 \text{ N} \leq 42558,54065 \text{ N} \leq 39983,747 \text{ N} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \quad \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$39983,747 \text{ N} \leq 42558,54065 \text{ N} \leq 54583,747 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3.

$$V_{s_{\text{perlu}}} = \frac{1}{3} b \times d$$

$$= \frac{1}{3} 200 \text{ mm} \times 642 \text{ mm}$$

$$= 19466,667 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$A_v \text{ perlu} = (0,25 \times 3,14 \times d^2)$$

$$= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2)$$

$$= 78,54 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 642 \text{ mm}}{19466,667 \text{ N}} \\
 &= 282,743 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 125 mm.

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq \frac{d}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq \frac{642 \text{ mm}}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq 321 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \\
 S_{\max} &\leq 600 \text{ mm} \\
 125 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 125 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari 2h diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d).

- a. $\frac{d}{2}$;
- b. 600 mm.

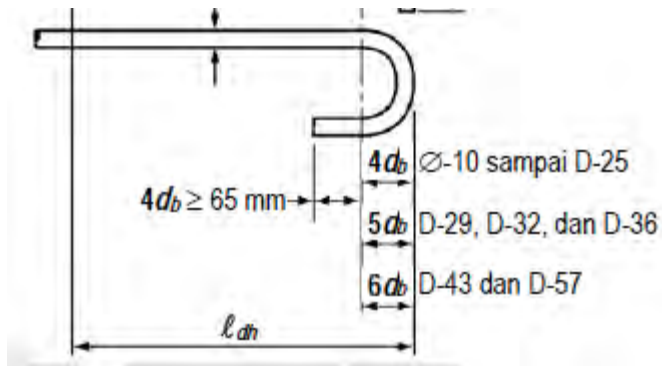
(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &\leq \frac{d}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq \frac{642 \text{ mm}}{2} \\
 125 \text{ mm} &\leq 321 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

S_{pakai}	$\leq 600 \text{ mm}$	
125 mm	$\leq 600 \text{ mm}$	(memenuhi)

Penulangan geser balok untuk balok B2 (20/35) pada wilayah 2 (daerah lapangan) dipasang $\varnothing 10 - 125 \text{ mm}$ dengan sengkang 2 kaki.

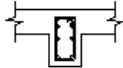
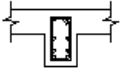
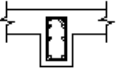
❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan balok anak memakai $4d_b$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang penyaluran} &= 4 \times d_b \\
 &= 4 \times 10 \text{ mm} \\
 &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tipe Balok	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 X 350) AS 2b (F - G) +3,50 L = 4500 mm			
Tulangan Atas	4 D 16	2 D 16	4 D 16
Tulangan Bawah	2 D16	4 D 16	2 D16
Tulangan Samping	2 D13	2 D13	2 D13
Sengkang	Ø10 - 125	Ø10 - 125	Ø10 - 125
Cover	40 mm	40 mm	40 mm

c. Pengangkatan Balok Anak Precast

Data perencanaan :

- f_c' = 30 MPa
- f_y = 240 MPa
- BJ beton = 2400 kg/m³
- Tinggi balok anak (total)= 35 cm
- Tinggi balok anak (precast)= 20 cm
- Koefisien kejut = 1,5
- Bentang balok induk = 1,5 m
- Jumlah tumpukan = 8 buah
- Jumlah kayu penopang = 2 buah
- Kelas kuat kayu = IV
- σ tegak lurus serat = 10 kg/cm²
- Lebar kayu penopang (b) = 8 cm
- Tinggi kayu penopang (h) = 12 cm

$$S_n = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L_n &= L - b \text{ kolom}/2 - b \text{ kolom}/2 \\ &= 5,4 \text{ m} - 0,3 \text{ m}/2 - 0,3 \text{ m} / 2 \\ &= 5,1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow a = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow a = 0,5710$$

Pembebanan Balok :

$$q_d \text{ pracetak} = \text{tebal balok anak precast} \times \text{BJ beton} \times L$$

$$= 0,20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4,2 \text{ m}$$

$$= 96 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \text{ qd pracetak}$$

$$= 1,2 \times 96 \text{ kg/m}$$

$$= 115 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{angkat}} = q_d \times \text{koefisien kejut}$$

$$= 173 \text{ kg/m} \times 1,5$$

$$= 173 \text{ kg/m}$$

Kontrol retak akibat pengangkatan :

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} \text{ (beton umur 7 hari)}$$

$$= 0,7 \times \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 0,7$$

$$= 3,208 \text{ MPa}$$

$$I = 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 1/12 \times 200 \text{ mm} \times (200 \text{ mm})^3$$

$$= 233333333 \text{ mm}^4/\text{m}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{h/2}$$

$$= \frac{3,208 \text{ MPa} \times 233333333 \text{ mm}^4}{10 \text{ mm}/2}$$

$$= 7484874 \text{ Nmm/m}$$

$$M_y = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 3,78 \text{ N/mm} \times (5100 \text{ mm})^2$$

$$= 5618 \text{ Nmm/m}$$

Kontrol kekuatan momen terhadap momen retak

$$M_{cr} > M$$

$$7484874 \text{ Nmm/m} > 5618 \text{ Nmm/m} \quad (\text{OK})$$

Kontrol tumpukan balok anak

$$\begin{aligned} W &= b_j \text{ beton} \times \text{tinggi balok induk precast} \times s_n \times l_n \\ &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,30 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 5,1 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \\ &= 490 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total tumpukan} &= W \times \text{jumlah tumpukan} \\ &= 490 \text{ kg} \times 8 \text{ buah} \\ &= 3917 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= \text{jumlah tumpukan} / (\text{jumlah kayu penopang} \times W) \\ &= 8 \text{ buah} / (2 \text{ buah} \times 490 \text{ kg}) \\ &= 1958 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kayu} &= \text{lebar kayu penopang} \times L \times \sigma \text{ tegak lurus serat} \\ &= 80 \text{ mm} \times 5100 \text{ mm} \times 10 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 12000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat : Kayu > W total

$$12000 \text{ kg} > 1958 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

4.3.2.3 Perhitungan Balok Bordes

Perhitungan tulangan balok memanjang BB-2(30/45). Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

Data-data perencanaan tulangan balok :

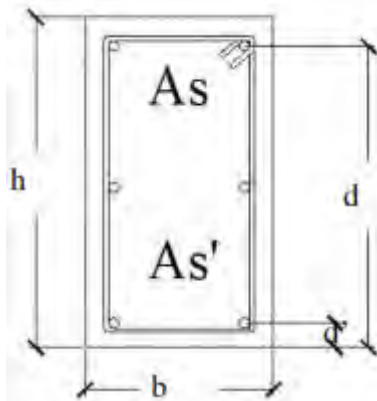
- Tipe balok = BB-2 (30/45)
- Bentang balok (L balok) = 3000 mm

- Dimensi balok (b balok) = 300 mm
- Dimensi balok (h balok) = 450 mm
- Bentang kolom (L kolom) = 3500 mm
- Dimensi kolom (b kolom) = 300 mm
- Dimensi kolom (h kolom) = 500 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_{yl}) = 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) = 400 MPa
- Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) = 16 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset geser) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir) = 13 mm
- $\cot \theta^2$ = 1
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) = 25 mm
 - **(SNI 2847:2013 pasal 7.6.1)**
- Jarak spasi tulangan antar lapis = 25 mm
 - **(SNI 2847:2013 pasal 7.6.2)**
- Tebal selimut beton (t decking) = 40 mm
 - **(SNI 2847:2013 pasal 7.7.1)**
- Faktor β_1 = 0,85
 - **(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)**
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,8
 - **(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)**
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,75
 - **(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)**
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75
 - **(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)**

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur} \\
 &= 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 392 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur} \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 30 Tinggi efektif Balok

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok,

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- ❖ Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.
1,2 DL + 1,6 LL dan
1D + 1 L

Kombinasi Beban Gempa :

❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.

$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 0,3 \text{ EQ}_y$ dan

$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} - 1,0 \text{ EQ}_x - 0,3 \text{ EQ}_y$

❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y.

$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y$ dan

$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} - 0,3 \text{ EQ}_x - 1,0 \text{ EQ}_y$

Hasil Output Diagram Torsi

$T_u = 23328700 \text{ N}$

Untuk perhitungan tulangan lentur balok diambil momen terbesar dari kombinasi pembebanan di atas :

Tumpuan kiri :

$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 48496300 \text{ Nmm}$

Lapangan :

$M_{u_{\text{lapangan}}} = 8854800 \text{ Nmm}$

Tumpuan kanan :

$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 38693800 \text{ Nmm}$

Hasil Output Diagram Gaya Geser dari SAP

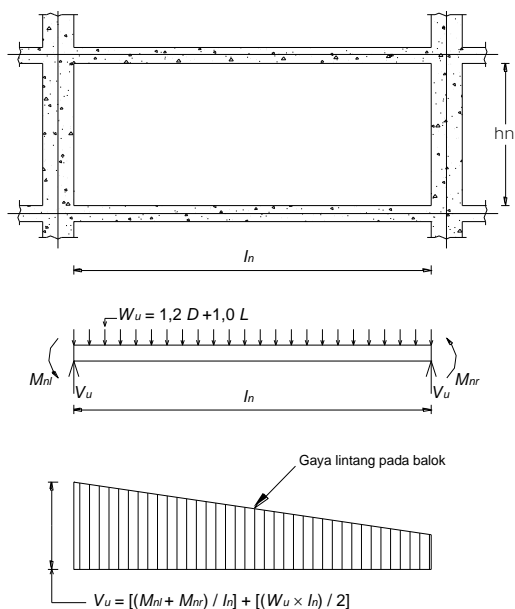
Tumpuan Kiri :

Gaya geser terfaktor $V_u = 246156 \text{ N}$

Tumpuan Kanan :

Gaya geser terfaktor $V_u = 152411 \text{ N}$

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 21.3 untuk mendesain bangunan yang menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 31 geser desain untuk rangka momen menengah

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 30/45



Gambar 4. 32 luasan Acp dan Pcp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\
 &= 300 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \\
 &= 135000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\
 &= 2 \times (300 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) \\
 &= 1500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\
 &= (300 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \times (450 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \\
 &= 75600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \cdot ((b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})) \\
 &= 2 \cdot ((300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) + (450 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm})) \\
 &= 1140 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir :

Momen Puntir Ultimate

$$T_u = 23328700 \text{ N}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{23328700}{0,75} \\
 &= 31104933 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{13500^2}{1500} \right)}{12} \\
 &= 4159268 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1(a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{13500^2}{1500} \right)}{3} \\
 &= 16637073 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2(a))

Cek Pengaruh Momen Puntir

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \quad \text{maka tulangan puntir di abaikan}$$

$$T_u > \frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \quad \text{maka memerlukan tulangan puntir}$$

23328700 Nmm > 4159268 Nmm **(Perlu tulangan puntir)**

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir
Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\left(\frac{1}{6} \sqrt{fc'} \times b \times d\right)}{b \times d} + \left(\frac{2 \sqrt{fc'}}{3}\right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{25004000}{300 \times 392}\right)^2 + \left(\frac{25004000 \times 1140}{1,7 \times (75600)^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\left(\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 300 \times 392\right)}{300 \times 392} + \left(\frac{2 \sqrt{30}}{3}\right) \right)$$

$$3 \leq 3(\text{memenuhi})$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1(a))

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{S} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}}\right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7)

Dengan $\frac{A_t}{S}$ dihitung dari persamaan dibawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6)

Dimana :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{33338667 \text{ Nmm}}{2 \times 75600 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{S} = 1 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{S} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \\ &= 1 \text{ mm} \times 1140 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 690 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{5 \sqrt{f'c} A_{cp}}{12 \times f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{S} \right) \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \\ &= \frac{5 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 13500 \text{ mm}^2}{12 \times 400 \text{ N/mm}^2} - 1 \times 1140 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \\ &= 80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.5.3)

Kontrol :

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \min}$ maka gunakan $A_{l \min}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \min}$ maka gunakan $A_{l \text{ perlu}}$

$$690 \text{ mm}^2 \geq 80 \text{ mm}^2 \text{ (maka pakai } A_{l \text{ perlu}})$$

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar 690 mm²

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{690 \text{ mm}^2}{4} = 172 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka, sisi atas dan bawah balok masing-masing mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar 185 mm^2 .

Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 172 \text{ mm}^2 = 344 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned} \text{Luas D13} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (13\text{mm})^2 \\ &= 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan pasang} &= \frac{A_{Spertu}}{\text{Luasan tulangan puntir}} \\ &= \frac{344 \text{ mm}^2}{132,665 \text{ mm}^2} \\ &= 4 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan puntir 4 D 13

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang puntir}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan tulangan puntir} \\ &= 4 \times 132,665 \text{ mm}^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &\geq A_{s_{\text{perlu}}} \\ 530,66 \text{ mm}^2 &\geq 344 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Maka, pada tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan dipasang tulangan puntir sebesar 4 D 13.

Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 38693800 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{u_{\text{tumpuan}}}}{\phi} \\ &= \frac{38693800 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 60620375 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,052
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,052 \\
 &= 0,0387
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{51835000 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (392 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,124 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,124 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0034
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 > 0,0034 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d + A_l/4 \\
 &= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} + 172 \\
 &= 584,042 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan pakai}}} \\ &= \frac{584,042 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik setelah ditambah luasan tambahan puntir (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &> As_{\text{perlu}} \\ 804,248 \text{ mm}^2 &> 584,042 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= As + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 172 \text{ mm}^2 \\ &= 172 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan pakai}}} \\ &= \frac{172 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\ &= 0,921 \text{ buah} \approx \text{dipakai } 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$401,92 \text{ mm}^2 > 172 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$

Kontrol Tulangan Tarik

$S_{maks} =$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{maks} \leq S_{syarat \text{ sejajar}}$

$45 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm}$ (**dipakai tulangan 1 lapis**)

Kontrol Tulangan Tekan

$S_{maks} =$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 168 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$

$168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$ (**dipakai tulangan 1 lapis**)

Maka, dipakai tulangan lentur balok BB-2 (30/45)
untuk daerah tumpuan :

1. Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

Lapis 1 = 4D16

2. Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan } (+) \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 4\text{D16} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2\text{D16} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan } (+) &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-) \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,082 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :
Tulangan tarik = 4D16

Tulangan tekan = 2D16

Kontrol kemampuan penampang :

As pakai tulangan tarik 4D16 = 804,248 mm²

As pakai tulangan tekan 2D16 = 402,124 mm²

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 200} \\
 &= 21,522 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm} \times 21,522 \text{ mm} \\
 &= 321699,0877 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s' \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 321699,0877 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{21,522 \text{ mm}}{2}\right) + 160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 170214719,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $Mn_{\text{pasang}} > Mn_{\text{perlu}}$
 $170214719,8 \text{ Nmm} > 60620375 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok BB-2 (30/45) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

1. Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 4D16
2. Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{ulapangan}}{\phi} \\
 &= \frac{9081700 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 11352125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_{c'}}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,052
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,052
 \end{aligned}$$

$$= 0,0387$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{11352125 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2} \\ &= 0,246 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,246 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0006 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \times b \times d + A_l/4 \\ &= 0,0035 \times 300 \times 392 + 185 \\ &= 411,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{411,6 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur Tarik ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 804,248 \text{ mm}^2 &> 411,6 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 185 \text{ mm}^2 \\ &= 185 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{185 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\ &= 0,921 \text{ buah} \quad \approx \text{dipakai 2 buah}\end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 401,92 \text{ mm}^2 &> 185 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah \text{ tul. } \times D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} > S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$45 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah \text{ tul. } \times D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 168 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok BB-2 (30/45) untuk daerah lapangan :

1. Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 = 4D16
2. Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur lapangan (+) } \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur lapangan (-)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 4D16 \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2D16 \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur lapangan (+) } &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur lapangan (-)} \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,083 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &= 4D16 \\ \text{Tulangan tekan} &= 2D16 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik} &4D16 = 804,248 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan} &2D16 = 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,126 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 21,522 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 21,522 \text{ mm} \\
 &= 164640 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s' \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 160849,5439 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 164640 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{21,522 \text{ mm}}{2}\right) + \\
 &160849,5439 \text{ N} \times (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 170214719,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $M_{n\text{pasang}} > M_{n\text{perlu}}$
 $170214719,8 \text{ Nmm} > 11352125 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok Bb-2 (30/45) pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

1. Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 4D16
2. Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar

$$Mu_{tumpuan} = 46142900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu_{tumpuan}}{\phi} \\ &= \frac{46142900 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 57678625 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,052 \\ &= 0,0387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{57678625 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (642 \text{ mm})^2} \end{aligned}$$

$$= 1,251 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,251 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0032\end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0032 \leq 0,0387 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d + A_l / \\ &= 0,0035 \times 300 \times 392 \times 185 \\ &= 589,336 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (sisi atas)

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{589,336 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik setelah ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur (pasang sisi atas)

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 0,25 \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 804,248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$804,248 \text{ mm}^2 > 589,336 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$

Luasan tulangan perlu lentur tekan ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 185 \text{ mm}^2 \\
 &= 185 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{185 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,921 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$402,124 \text{ mm}^2 > 185 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$

$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \\
 & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah\ tul. \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1} \\
 &= \frac{300\text{ mm} - (2 \times 40\text{ mm}) - (2 \times 10\text{ mm}) - (4 \times 16\text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 45\text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\leq S_{syarat\ sejajar} \\
 45\text{ mm} &\geq 25\text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \\
 & \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jumlah\ tul. \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1} \\
 &= \frac{300\text{ mm} - (2 \times 40\text{ mm}) - (2 \times 10\text{ mm}) - (2 \times 16\text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 168\text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\geq S_{syarat\ sejajar} \\
 168\text{ mm} &\geq 25\text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok BB-2 (30/45) untuk daerah tumpuan :

1. Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 = 4D16
2. Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang

sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 4\text{D16} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2\text{D16} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\ 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,083 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &= 4\text{D16} \\ \text{Tulangan tekan} &= 2\text{D16} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik} &4\text{D16} = 804,248 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan} &2\text{D16} = 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c' \times b}$$

$$= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 300}$$

$$= 21,552 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm} \times 21,552 \text{ mm}$$

$$= 164640 \text{ N}$$

$$Cs' = As' \text{ pasang} \times f_y$$

$$= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 160849,5439 \text{ N}$$

$$Mn_{\text{pasang}} = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d')$$

$$= 164640 \text{ N} \times \left(642 \text{ mm} - \frac{31,539 \text{ mm}}{2}\right) +$$

$$160849,5439 \text{ N} \times (642 \text{ mm} - 58 \text{ mm})$$

$$= 170214719,8 \text{ Nmm}$$

Maka, $Mn_{\text{pasang}} > Mn_{\text{perlu}}$
 $170214719,8 \text{ Nmm} > 57678625 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok BB-2 (30/45) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

3. Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 4D16
4. Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

Perhitungan Penulangan Geser

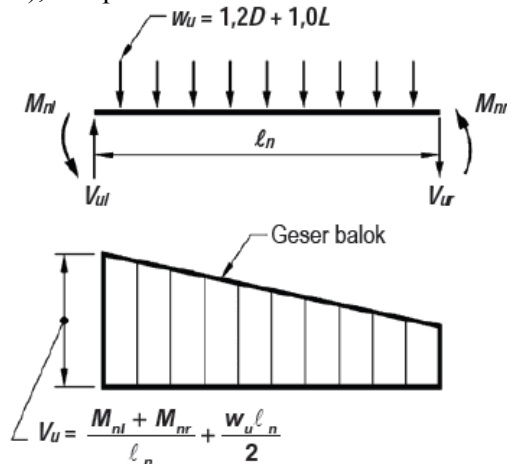
Dengan data balok sebagai berikut :

f_c'	= 30 MPa
f_y	= 400 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75

(SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)

Lebar balok (b)	= 300 mm
Tinggi balok (h)	= 450 mm
\emptyset tulangan geser	= 10 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BB-2(30/45), didapat :



Gambar 4. 33 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pasang	= 804,248 mm ²
As' pasang	= 402,124 mm ²

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{As \text{ pasang} \times fy - As' \text{ pasang} \times fy}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\
 &= \\
 &\left(\frac{804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 - 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 200 \text{ mm}} \right) \\
 &= 21,552 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{kiri}} &= Mn_{\text{kanan}} \\
 &= \left[Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] + [Cs' (d - d')] \\
 &= \left[164640 \text{ N} \times \left(392 - \frac{21,552}{2} \right) \right] + (160849,5439 \text{ N} - \\
 &\quad (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm})) \\
 &= 122644307,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi dari analisa SAP 2000 didapatkan :
 Gaya geser terfaktor $V_u = 176690 \text{ N}$
 (dimana V_u diambil tepat pada muka kolom)

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + \frac{Wu \times Ln}{2} \\
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu
 \end{aligned}$$

Dimana :

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

Mn_1 = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln = Panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu_{\text{tumpuan}}$$

$$= \frac{122644307,9 \text{ Nmm} + 122644307,9 \text{ Nmm}}{2700 \text{ mm}} + 24756,7 \text{ N}$$

$$= 176690 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\frac{\sqrt{f_c'}}{\sqrt{30}} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa} \text{ (memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 392 \text{ mm}$$

$$= 107353,621 \text{ N}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 392 \text{ mm}$$

$$= 39200 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 392 \text{ mm}$$

$$= 214707,242 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 429414,4851 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.

Penulangan geser balok

Pada wilayah tumpuan

$$V_{u1} = 176690 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

geser

$$176690 \text{ N} \leq 40257,608 \text{ N}$$

→ Tidak perlu tulangan

(tidak memenuhi)

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

minimum

$$80515,216 \text{ N} \leq 107353,621 \text{ N} \leq 39983,747 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

minimum

$$39983,747 \text{ N} \leq 176690 \text{ N} \leq 109915,216 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{S_{\max}}) \rightarrow \text{Tulangan geser}$$

$$109915,216 \text{ N} \leq 176690 \text{ N} \leq 241545,647 \text{ N} \\ \text{(memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{V_u - (\phi \text{ geser} \cdot V_c)}{\phi \text{ geser}} \\ = \frac{176690 \text{ N} - (0,75 \times 107353,621 \text{ N})}{0,75} \\ = 128233,05 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm, maka luasan tulangan geser :

$$A_v \text{ perlu} = (0,25 \times \pi \times d^2) \\ = (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ = 78,54 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times 3}{b} \\ = \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 3}{300 \text{ N}} \\ = 57,62 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 50 mm

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$S_{\text{pakai}} \leq \frac{d}{2} \\ 50 \text{ mm} \leq \frac{642 \text{ mm}}{2} \\ 50 \text{ mm} \leq 321 \text{ mm} \quad \text{memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 600 \text{ mm} \\ 50 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 50 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok

Cek persyaratan berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{2}$$

$$50 \text{ mm} \leq \frac{642 \text{ mm}}{2}$$

$$50 \text{ mm} \leq 321 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 600 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

3. Pada wilayah 2 (Daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times \left(\frac{1}{2}ln - 2h\right)}{\frac{1}{2}ln} \\ &= \frac{176690 \text{ N} \times \left(\frac{1}{2} \times 2700 \text{ mm} - 2 \times 450 \text{ mm}\right)}{\frac{1}{2} \times 2700 \text{ mm}} \\ &= 74272,333 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa} \text{ (memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c'} x b x d$$

$$= \frac{1}{6} x \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} x 300 \text{ mm} x 392 \text{ mm}$$

$$= 107353,621 \text{ N}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} x b x d$$

$$= \frac{1}{3} x 300 \text{ mm} x 392 \text{ mm}$$

$$= 39200 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} x \sqrt{f_c'} x b x d$$

$$= \frac{1}{3} x \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} x 300 \text{ mm} x 392 \text{ mm}$$

$$= 214707,2425 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} x \sqrt{f_c'} x b x d$$

$$= \frac{2}{3} x \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} x 300 \text{ mm} x 392 \text{ mm}$$

$$= 429414,4851 \text{ N}$$

Cek Kondisi Geser:

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 x \phi x V_c$$

geser

→ Tidak perlu tulangan geser

$$58896,667 \text{ N} \leq 40257,608 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \quad \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$40257,608 \text{ N} \leq 58896,667 \text{ N} \leq 80515,216 \text{ N} \\ (\text{memenuhi})$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{1}{3} b \times d \\ = \frac{1}{3} 300 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\ = 39200 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$, maka luasan tulangan geser :

$$A_v \text{ perlu} = (0,25 \times 3,14 \times d^2) \\ = (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \\ = 78,54 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{S_{\text{perlu}}}} \\ = \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 392 \text{ mm}}{39200 \text{ N}} \\ = 188,496 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 175 mm.

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$S_{\text{max}} \leq \frac{d}{2} \\ 175 \text{ mm} \leq \frac{642 \text{ mm}}{2}$$

$$175 \text{ mm} \leq 321 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$175 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 175 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari

a. $\frac{d}{2}$;

b. 600 mm.

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

$$S_{\text{pakai}} \leq \frac{d}{2}$$

$$175 \text{ mm} \leq \frac{642 \text{ mm}}{2}$$

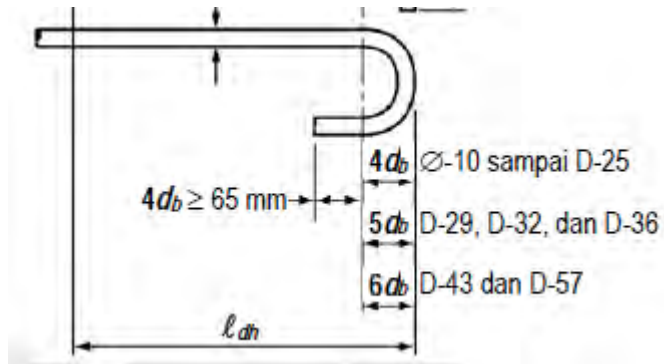
$$175 \text{ mm} \leq 321 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 600 \text{ mm}$$

$$175 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Penulangan geser balok untuk balok BB-2 (30/45) pada wilayah 2 (daerah lapangan) dipasang Ø10 - 175 mm dengan sengkang 2 kaki.

❖ Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan balok bordes memakai $4d_b$

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= 4 \times d_b \\ &= 4 \times 10 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Kolom

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom, sebagai contoh perhitungan diambil kolom struktur pada lantai dasar. Perhitungan berikut disertai dengan data perencanaan, gambar denah kolom, output dan diagram gaya dalam dari analisis SAP 2000, ketentuan perhitungan dan syarat-syarat penulangan kolom dalam metode SRPMM, sampai dengan hasil akhir gambar penampang kolom adalah sebagai berikut :

4.3.3.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

⇒ Tipe Kolom	= K-1
b kolom	= 300 mm
h kolom	= 500 mm
L kolom	= 3500 mm
L balok induk	= 4500 mm
L balok induk	= 3000 mm
L kolom pendek	= 750 mm
Kuat tekan beton (f_c')	= 30 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	= 25742,96 MPa
Modulus elastisitas baja (E_s)	= 200000 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur)	= 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_y geser)	= 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	= 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	= 12 mm
Tebal selimut beton (t decking)	= 40 mm
(SNI 2847:2013 pasal 7.7.1)	
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	= 40 mm
(SNI 2847:2013 pasal 7.6.3)	
Faktor β_1	= 0,85
(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,8
(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2.(b))	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75

(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

Maka, tinggi efektif kolom :

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} \\ &= 300 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 237 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} \\ &= 40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} - \frac{1}{2} b \\ &= 300 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 19 - \frac{1}{2} \cdot 400 \\ &= 87 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya aksial dalam arah X dan Y pada kolom K-1 sebagai berikut :

Gaya aksial akibat (1,2D)

$$PU = 485378,3 \text{ N}$$

Gaya aksial akibat (1,2D + 1,6L)

$$PU = 554283,2 \text{ N}$$

Gaya aksial akibat (1,2D + 1,6L + 0,5W)

$$PU = 550669,1 \text{ N}$$

Momen akibat (1,2D)

$$M = 20279700 \text{ N}$$

Momen akibat gempa terbesar

$$M = 85651700 \text{ N}$$

❖ **Kontrol Kelangsingan Kolom**

B_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{\text{momen beban mati terfaktor}}{\text{momen gempa terbesar}} \\ &= \frac{20279700 \text{ N}}{85651700 \text{ N}} \\ &= 0,24 \end{aligned}$$

Panjang Tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum(EI/L)_{kolom}}{\sum(EI/L)_{balok}}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.7.2)

Untuk kolom (40/50)

$$Elk = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} Ig &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3 \\ &= 3125000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 3125000000 \text{ mm}^4}{1 + 0,24} \\ &= 1,8212 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok induk (30/70)

$$Elb = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} Ig &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (700 \text{ mm})^3 \\ &= 8575000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

$$= 25742,96 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{Elb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 8575000000 \text{ mm}^4}{1 + 0,24} \\ &= 2,4988 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk sloof (25/45)

$$\text{Els} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 250 \text{ mm} \times (450 \text{ mm})^3 \\ &= 1898437500 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Els} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 1898437500 \text{ mm}^4}{1 + 0,24} \\ &= 5,53215 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktor panjang tekuk (k).

Kolom atas

$$\psi = \frac{\Sigma(EI/L)_{kolom}}{\Sigma(EI/L)_{balok}}$$

$$= \frac{\left(\frac{1,8212 \times 10^{13}}{3500}\right) + \left(\frac{1,8212 \times 10^{13}}{3000}\right)}{\left(\frac{2,4988 \times 10^{13}}{3000}\right)}$$

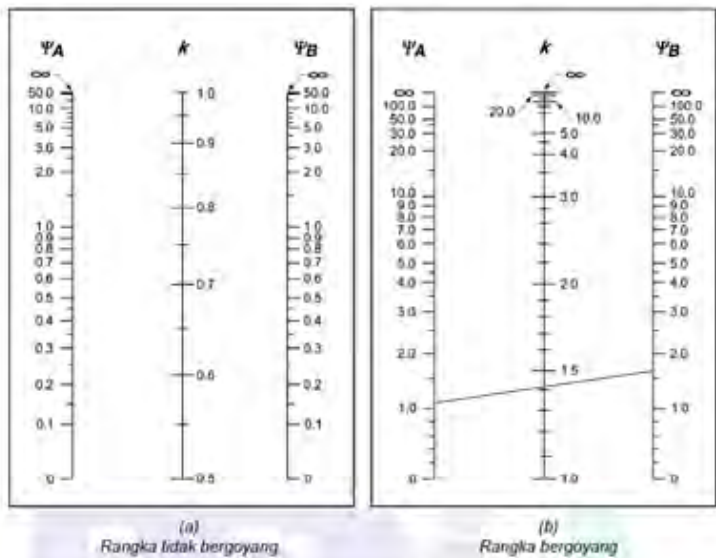
$$= 1,354$$

Kolom bawah

$$\psi = \frac{\sum(EI/L)_{kolom}}{\sum(EI/L)_{balok}}$$

$$= \frac{\left(\frac{1,8212 \times 10^{13}}{3500}\right) + \left(\frac{1,8212 \times 10^{13}}{750}\right)}{\left(\frac{5,53215 \times 10^{12}}{3000}\right)}$$

$$= 16,931$$



Gambar 4.73 Faktor Panjang Efektif (k)

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.7.2)

Dari grafik alligment kolom didapat $k = 2,1$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{3125000000}{300 \cdot 500}} \\
 &= 144,3376 \\
 \frac{k \times Lu}{r} &\geq 22
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6)

$$\begin{aligned}
 \frac{2,1 \times 3500}{144,3376} &\geq 22 \\
 50,92229 &\geq 22 \quad (\text{Kolom Langsing})
 \end{aligned}$$

❖ **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X**

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya momen dalam arah X pada kolom K-1 sebagai berikut :

Momen Akibat Pengaruh Gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan Nmm.

(SNI 2847:2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan Nmm.

(SNI 2847:2013)

Akibat kombinasi gempa (1,2DL + 1LL + 1EX + 0,3 EY)

$M_{1s} = 57722300 \text{ Nmm}$

$M_{2s} = 64419700 \text{ Nmm}$

Momen Akibat Pengaruh Beban Geavitasi :

M_{1ns} = adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

(SNI 03-2847-2002)

M_{2ns} = adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan

akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

(SNI 03-2847-2002)

Akibat kombinasi beban mati terfaktor (1,2DL)

$$M_{1ns} = 6018800 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 8233900 \text{ Nmm}$$

Menghitung nilai Pc (P kritis) pada kolom

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 1,8212 \times 10^{13}}{(2,1 \times 3500)^2} \\ &= 3327384 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u = 485378,3 \text{ N}$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1 \\ \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{5824539,6}{0,75 \times 39928604,03}} \geq 1 \end{aligned}$$

$$\delta_s = 1,242 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,242$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran Momen

Berdasarkan output SAP diperoleh :

$$M_{1ns} = 6018800 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 8233900 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 57722300 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 64419700 \text{ Nmm}$$

$$M_{1X} = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6018800 \text{ Nmm} + (1,242 \times 57722300 \text{ Nmm}) \\
 &= 77678876 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2X} &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\
 &= 8233900 \text{ Nmm} + (1,242 \times 64419700 \text{ Nmm}) \\
 &= 88208547 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar yaitu :

$$M_{2X} = 88208547 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &= (15 + 0,03 \times h) \\
 &= (15 + 0,03 \times 500 \text{ mm}) \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{Mu}{Pu} \\
 &= \frac{88208547}{554283} \\
 &= 159,1399 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 d &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} \\
 &= 300 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 \\
 &= 237 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} \\
 &= 40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\
 &= 63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d'' &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} - \frac{1}{2} b \\
 &= 300 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 - \frac{1}{2} \cdot 300 \\
 &= 87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan 16D22 (berdasarkan output pcaColumn)

$$\begin{aligned}
 A_s = A_s' &= 20 \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\
 &= 20 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2) \\
 &= 7602,654 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Xb &= \frac{600}{(600+fy)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600 + 400MPa)} \times 237 \text{ mm} \\
 &= 142,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= \beta_1 \cdot Xb \\
 &= 0,85 \cdot 142,2 \\
 &= 120,87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As'/2 \times (fy - 0,85 \times fc') \\
 &= 7602,654/2 \text{ mm}^2 \times (400MPa - 0,85 \times 30 \text{ MPa}) \\
 &= 1423597 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times \beta_1 \times fc' \times b \times Xb \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 142,2 \\
 &= 924655,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= As/2 \times fy \\
 &= 7602,654/2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 1520531 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pb &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 924655,5 \text{ N} + 1423597 \text{ N} - 1520531 \text{ N} \\
 &= 827721,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mb &= Pb \times eb \\
 &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 924655,5 \text{ N} \left(237 - 87 - \frac{120,87}{2} \right) + 1423597 \text{ N} \\
 &\quad (237 - 87 - 63) + 1520531 \text{ N} \times 87 \\
 &= 338955892,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 eb &= \frac{Mb}{Pb} \\
 &= \frac{338955892,6}{827721,7}
 \end{aligned}$$

$$= 409,5047 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b \quad (\text{Kondisi Tekan Menentukan})$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_b \quad (\text{Kondisi Tarik Menentukan})$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$30 \text{ mm} < 159,1399 \text{ mm} < 409,5047 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan.

Cek Kondisi Kolom Tekan Menentukan

$$e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$$

$$159,1399 \text{ mm} < 409,5047 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Diambil nilai $X = 250 \text{ mm}$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \quad (f_s = f_y = 400 \text{ MPa})$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{237}{142,2} - 1 \right) \times 0,003 \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= \frac{f_s}{E_s} \\ &= \frac{400}{200000} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s \leq \epsilon_y$$

$$0,002 \leq 0,002 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' / 2 \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 7602,654 / 2 \text{ mm}^2 \times (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 30 \text{ MPa}) \\ &= 1423597 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 142,2$$

$$= 924655,5 \text{ N}$$

$$T = A_s/2x \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600$$

$$= 7602,654/2 \text{ mm}^2 \times \left(\frac{237}{142,2} - 1 \right) \times 600$$

$$= 1520531 \text{ N}$$

$$P = Cc' + Cs' - T$$

$$= 924655,5 \text{ N} + 1423597 \text{ N} - 1520531 \text{ N}$$

$$= 827721,7 \text{ N}$$

$$M_n = P \times e$$

$$= Cc' \left(d - d'' - \frac{\beta_1 \cdot X}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 924655,5 \text{ N} \left(237 - 87 - \frac{0,85 \times 142,2}{2} \right) + 1423597$$

$$\text{N} (237 - 87 - 63) + 1520531 \text{ N} \cdot 237$$

$$= 338955892,6 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,8 \times 338955892,6 \text{ Nmm} > 88208547,4 \text{ Nmm}$$

$$271164714 \text{ Nmm} > 88208547,4 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga pada kolom K-1 dipasang berdasarkan penulangan lentur terbesar, yaitu pada sumbu X maka dipasang sebesar 6D22 pada tiap sisi.

❖ **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y**

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya momen dalam arah Y pada kolom K-1 sebagai berikut :

Momen Akibat Pengaruh Gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan Nmm.

(SNI 2847:2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan Nmm.

(SNI 2847:2013)

Akibat kombinasi gempa (1,2DL + 1LL + 1EX + 0,3EY)

M_{1s} = 47715600 Nmm

M_{2s} = 85651700 Nmm

Momen Akibat Pengaruh Beban Geavitasi :

M_{1ns} = adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

(SNI 03-2847-2002)

M_{2ns} = adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

(SNI 03-2847-2002)

Akibat kombinasi beban mati terfaktor (1,2DL)

M_{1ns} = 19792100 Nmm

M_{2ns} = 20279700 Nmm

Menghitung nilai P_c (P kritis) pada kolom

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times l_u)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 1,8212 \times 10^{13}}{(2,1 \times 3500)^2} \\ &= 3327384 \text{ N} \end{aligned}$$

P_u = 485378,3 N

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum Pc}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{5824539,6}{0,75 \times 39928604,03}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,242 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,242$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran Momen

Berdasarkan output SAP diperoleh :

$$M_{1ns} = 19792100 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 20279700 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 47715600 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 85651700 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{1Y} &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 19792100 \text{ Nmm} + (1,242 \times 47715600 \text{ Nmm}) \\ &= 79029232 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{2Y} &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 20279700 \text{ Nmm} + (1,242 \times 85651700 \text{ Nmm}) \\ &= 126613081 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar yaitu :

$$M_{2Y} = 126613081 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} e_{\min} &= (15 + 0,03 \times h) \\ &= (15 + 0,03 \times 500 \text{ mm}) \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{perlu}} &= \frac{Mu}{Pu} \\ &= \frac{126613081}{485378,3} \\ &= 228,4267 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Kondisi Balance

$$\begin{aligned}d &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} \\&= 300 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 \\&= 237 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} \\&= 40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\&= 63 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d'' &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur} - \frac{1}{2} b \\&= 300 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 - \frac{1}{2} \cdot 300 \\&= 87 \text{ mm}\end{aligned}$$

coba digunakan tulangan 16D22

$$\begin{aligned}A_s = A_s' &= 20 \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\&= 20 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2) \\&= 7602,654 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} x d \\&= \frac{600}{(600 + 400\text{MPa})} x 237 \text{ mm} \\&= 142,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ab &= \beta_1 \cdot X_b \\&= 0,85 \cdot 142,2 \\&= 120,87 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_s' &= A_s' / 2 \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\&= 7602,654 / 2 \text{ mm}^2 \times (400\text{MPa} - 0,85 \times 30 \text{ MPa}) \\&= 1423597 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X_b \\&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 142,2 \\&= 924655,5 \text{ N}\end{aligned}$$

$$T = A_s / 2 \times f_y$$

$$= 7602,654/2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1520531 \text{ N}$$

$$P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$= 924655,5 \text{ N} + 1423597 \text{ N} - 1520531 \text{ N}$$

$$= 827721,7 \text{ N}$$

$$M_b = P_b \times e_b$$

$$= C_c' \left(d - d'' - \frac{a_b}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 924655,5 \text{ N} \left(237 - 87 - \frac{120,87}{2} \right) + 1423597 \text{ N}$$

$$(237 - 87 - 63) + 1520531 \text{ N} \times 87$$

$$= 338955892,6 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$= \frac{338955892,6}{827721,7}$$

$$= 409,5047 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi :

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$ (Kondisi Tekan Menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_b$ (Kondisi Tarik Menentukan)

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$30 \text{ mm} < 228,4267 \text{ mm} < 409,5047 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan.

Cek Kondisi Kolom Tekan Menentukan

$$e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$$

$$228,4267 \text{ mm} < 409,5047 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Diambil nilai $X = 250 \text{ mm}$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \text{ (} f_s = f_y = 400 \text{ MPa)}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{237}{250} - 1\right) \times 0,003 \\ &= 0,002\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= \frac{f_s}{E_s} \\ &= \frac{400}{200000} \\ &= 0,002\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &\leq \varepsilon_y \\ 0,002 &\leq 0,002 \quad \quad \quad \textbf{(memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_s' &= A_s'/2 \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 7602,654/2 \text{ mm}^2 \times (400\text{MPa} - 0,85 \times 30\text{MPa}) \\ &= 1423597 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 142,2 \\ &= 924655,5 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= A_s/2 \times \left(\frac{d}{x} - 1\right) \times 600 \\ &= 7602,654/2 \text{ mm}^2 \times \left(\frac{237}{142,2} - 1\right) \times 600 \\ &= 1520531 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 924655,5 \text{ N} + 1423597 \text{ N} - 1520531 \text{ N} \\ &= 827721,7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= P \times e \\ &= C_c' \left(d - d'' - \frac{\beta_1 \cdot X}{2}\right) + C_s'(d - d'' - d') + T \cdot d''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 924655,5 \text{ N} \left(237 - 87 - \frac{0,85 \times 142,2}{2} \right) + 1423597 \\
 &\text{N} (237 - 87 - 63) + 1520531 \text{ N} \cdot 237 \\
 &= 338955829 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,8 \times 338955829 \text{ Nmm} > 126613081 \text{ Nmm}$$

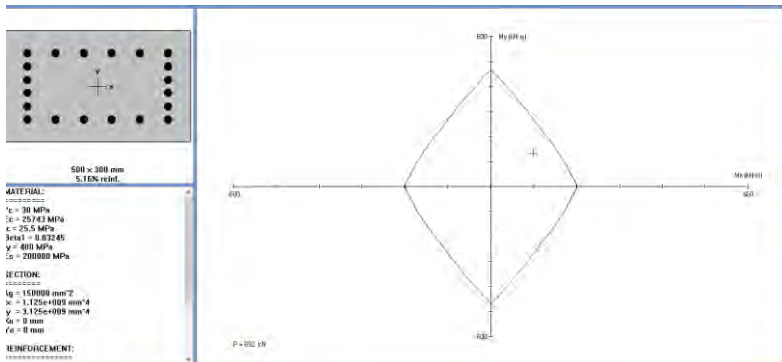
$$271164714 \text{ Nmm} > 126613081 \text{ Nmm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Sehingga pada kolom K-1 dipasang berdasarkan penulangan lentur terbesar, sebesar 20D22.

Design dengan program PCACOL

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PCACOL, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur)	= 400
Modulus Elastisitas (E_c)	= 25743 MPa
β_1	= 0,85
b kolom	= 300 mm
h kolom	= 500 mm
Tulangan Kolom Pasang	



```

Material Properties:
=====
f'c = 30 MPa                      fy = 400 MPa
Ec = 25743 MPa                   Es = 200000 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Beta1 = 0.83245

Section:
=====
Rectangular: Width = 500 mm      Depth = 300 mm

Gross section area, Ag = 150000 mm^2
Ix = 1.125e+009 mm^4             Iy = 3.125e+009 mm^4
Xo = 0 mm                       Yo = 0 mm

Reinforcement:
=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10      71      # 13      13      129      # 16      16      199
# 19      19     284      # 22      22     387      # 25      25     510
# 29      29     645      # 32      32     819      # 36      36    1006
# 43      43    1452      # 57      57    2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 7740 mm^2 at 5.16%
20 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
=====
No.      Pu      Mux      Muy      fMnx      fMny      fMn/Mu
-----
1      692.0      99.0     132.0     137.9     183.8     1.392

*** Program completed as requested! ***

```

Momen kapasitas penampang yang dihasilkan pada program bantu PCACOL adalah :

Untuk arah X

$$\phi M_n > M_u$$

$$137,9 \text{ KNm} > 99 \text{ KNm} (\text{memenuhi})$$

Untuk arah Y

$$\phi M_n > M_u$$

$$183,8 \text{ KNm} > 132 \text{ KNm} (\text{memenuhi})$$

Jadi pada perencanaan penulangan kolom K-1 digunakan tulangan 6 D 22 pada setiap sisinya yaitu sebanyak

20D22 dengan nilai ρ perlu sebesar 5,16% berdasarkan output dari PCACOL.

Kesimpulan :

Dari hasil yang didapat menggunakan program bantu PCACOL didapatkan momen nominal lebih besar dari pada momen ultimate yang didapat dari perhitungan nominal, sehingga perencanaan kolom K-1 memenuhi kebutuhan dan tidak mengalami keruntuhan.

4.3.3.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

⇒ Data Perencanaan :

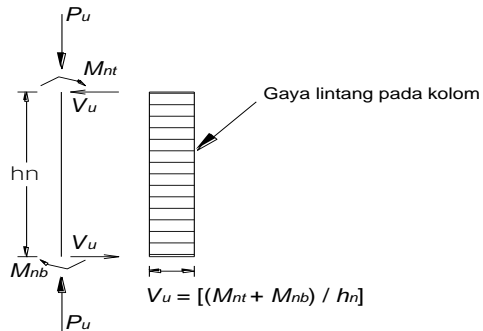
b kolom	= 300 mm
h kolom	= 500 mm
L kolom	= 3500 mm
Kuat tekan beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur)	= 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_y geser)	= 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	= 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	= 12 mm
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75

(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

Berdasarkan hasil dari program bantu SAP 2000 didapatkan hasil gaya aksial yang terjadi pada kolom K1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gaya aksial akibat } (1,2D + 1,6L + 0,5W) \\ \text{PU} &= 485378,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya lintang rencana pada kolom yang menggunakan SRPMM harus direncanakan sebagai berikut :



$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

(SNI 03-2847-2002 Pasal)

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas kolom (dari PCACOL)

M_{nb} = Momen nominal bawah kolom (dari PCACOL)

$$M_{nt} = 137000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 137000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

$$V_u = \frac{230000000 + 230000000}{2925}$$

$$V_u = 157264,957 \text{ N}$$

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3$$

$$5,4772 \leq 8,3(\text{memenuhi})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = \left[1 + \frac{P_u}{14 \times A_g} \right] \times \left[\frac{\sqrt{f'c'}}{6} \right] \times b_w \times d$$

$$V_c = \left[1 + \frac{485378,3}{14 \times 300 \times 500} \right] \times \left[\frac{\sqrt{30}}{6} \right] \times 300 \times 237$$

$$V_c = 101541,849 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 237 \text{ mm}$$

$$= 31600 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 237 \text{ mm}$$

$$= 346160,6563 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 237 \text{ mm}$$

$$= 692321,3127 \text{ N}$$

Cek Kondisi Geser:

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$157264,957 \text{ N} \leq 50770,92449 \text{ N} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \quad \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$50770,92449 \text{ N} \leq 157264,957 \text{ N} \leq 76156,39 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$76156,39 \text{ N} \leq 157264,957 \text{ N} \leq 99856,38674 \text{ N} \quad \text{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow \text{Tulangan geser}$$

$$99856,38674 \text{ N} \leq 157264,957 \text{ N} \leq 335776,879 \text{ N} \quad \text{(memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$V_{s_{\text{perlu}}} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$= \frac{157264,957 \text{ N} - (76156,39 \text{ N})}{0,75}$$

$$= 108144,8 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø12 mm dengan sengkang 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v \text{ perlu} = (0,25 \times 3,14 \times d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$= (0,25 \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2) \times 2$$

$$= 226,1947 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$= \frac{314 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 237 \text{ mm}}{108144,8 \text{ N}}$$

$$= 118,9697 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 100 mm.

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{237 \text{ mm}}{2}$$

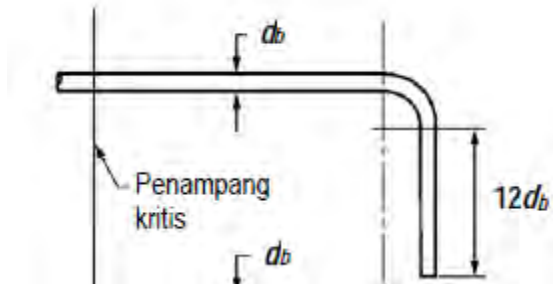
$$100 \text{ mm} \leq 118,5 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

$$S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø12 - 100 mm

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= 12 \times 12 \text{ mm} \\ &= 144 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.4 Perhitungan Sloof

Perhitungan tulangan sloof melintang S1(20/45). Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan

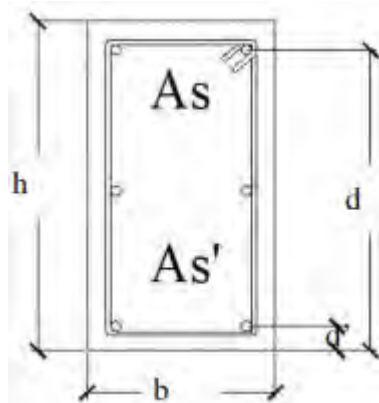
sloof dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang sloof adalah sebagai berikut :

e. Data-data perencanaan tulangan sloof :

Tipe balok	= S1 (20/45)
Bentang sloof (L sloof)	= 3000 mm
Dimensi sloof (b sloof)	= 200 mm
Dimensi sloof (h sloof)	= 450 mm
Bentang kolom (L kolom)	= 3500 mm
Dimensi kolom (b kolom)	= 300 mm
Dimensi kolom (h kolom)	= 500 mm
Kuat tekan beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	= 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	= 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	= 400 MPa
Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur)	= 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	= 10 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	= 13 mm
$\cot \theta^2$	= 1
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	= 25 mm
	(SNI 2847:2013 pasal 7.6.1)
Jarak spasi tulangan antar lapis	= 25 mm
	(SNI 2847:2013 pasal 7.6.2)
Tebal selimut beton (t decking)	= 40 mm
	(SNI 2847:2013 pasal 7.7.1)
Faktor β_1	= 0,85
	(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,8
	(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
	(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	= 0,75
	(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

Maka, tinggi efektif sloof :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur} \\
 &= 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 392 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur} \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 34Tinggi efektif Balok

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan sloof,

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- ❖ Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.
1,2 DL + 1,6 LL

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,8 \text{ W}$$

$$1,2 \text{ DL}$$

Kombinasi Beban Gempa :

- ❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 0,3 \text{ EQ}_y \text{ dan}$$

$$0,9 \text{ DL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 0,3 \text{ EQ}_y$$

- ❖ Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y.

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y \text{ dan}$$

$$0,9 \text{ DL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y$$

Hasil Output Diagram Torsi

$$T_u = 6422100 \text{ Nmm}$$

Untuk perhitungan tulangan lentur sloof diambil momen terbesar dari kombinasi pembebanan di atas :

Tumpuan kiri :

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 7199700 \text{ Nmm}$$

Lapangan :

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 5591300 \text{ Nmm}$$

Tumpuan kanan :

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 13816900 \text{ Nmm}$$

Hasil Output Diagram Gaya Geser dari SAP

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,4D dari analisa SAP 2000 didapatkan :

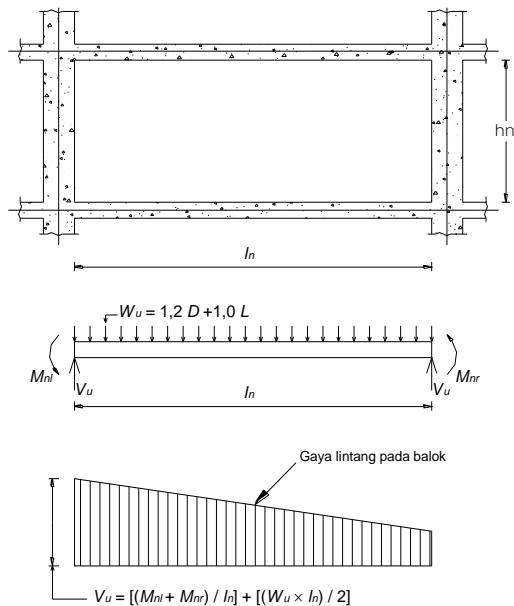
$$\text{Gaya geser terfaktor } V_u = 46507,9 \text{ N}$$

Hasil Output Diagram Gaya Axial dari SAP

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,4D dari analisa SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor $N_u = 11239,7 \text{ N}$

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 21.3 mengenai perhitungan struktur dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



Gambar 4. 35 geser desain untuk rangka momen menengah

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang sloof yang dipakai = 20/45



Gambar 4. 36 Luasan Acp dan Pcp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{sloof} \times h_{sloof} \\ &= 200 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \\ &= 112500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{sloof} + h_{sloof}) \\ &= 2 \times (200 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) \\ &= 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ &= (200 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \times (450 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \\ &= 57600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \cdot ((b_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})) \\ &= 2 \cdot ((200 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) + (450 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm})) \\ &= 1040 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir :

Momen Puntir Ultimate

$$T_u = 6422100 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{6422100}{0,75} \\ &= 8562800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Geser Ultimate

$$V_u = 46507,9 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{112500^2}{1400} \right)}{12} \\ &= 3094693 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1(a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{112500^2}{1400} \right)}{3} \\ &= 12378774,32 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2(a))

Cek Pengaruh Momen Puntir

$$T_u < \frac{\varphi \sqrt{f'c'}}{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \text{ maka tulangan puntir di abaikan}$$

$$T_u > \frac{\varphi \sqrt{f'c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \text{ maka memerlukan tulangan puntir}$$

6422100Nmm > 12378774,32Nmm (**memerlukan tulangan puntir**)

Jadi, penampang sloof memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned} & \sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \times P_h}{1,7 \times A_o h^2} \right)^2} \\ & \leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \sqrt{f'c'}}{3} \right) \right) \\ & \sqrt{\left(\frac{46507,9}{250 \times 392} \right)^2 + \left(\frac{6422100 \times 1040}{1,7 \times (57600)^2} \right)^2} \\ & \leq 0,75 \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 250 \times 392}{250 \times 392} + \left(\frac{2 \sqrt{30}}{3} \right) \right) \end{aligned}$$

$$1 \leq 3 \text{ (memenuhi)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1(a))

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{S} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7)

Dengan $\frac{A_t}{S}$ dihitung dari persamaan dibawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6)

Dimana :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{8562800 \text{ Nmm}}{2 \times 0,85 \times 57600 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{S} = 0,364 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{S} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

$$= 0,364 \text{ mm} \times 1040 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \cot^2 45$$

$$= 227,362 \text{ mm}^2$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$A_{l \min} = \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 \times f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{S} \right) \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right)$$

$$= \frac{5 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 112500 \text{ mm}^2}{12 \times 400 \text{ N/mm}^2} - (0,364 \text{ mm}) \times 1040 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$= 414,5004 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.5.3)

Kontrol :

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$ maka gunakan $A_{l \text{ min}}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \text{ min}}$ maka gunakan $A_{l \text{ perlu}}$

$227,362 \text{ mm}^2 \leq 414,5004 \text{ mm}^2$ (**maka pakai $A_{l \text{ min}}$**)

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar $414,5004 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{414,5004 \text{ mm}^2}{4} = 104 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka, sisi atas dan bawah balok masing-masing mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar 104 mm^2 .

Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 104 \text{ mm}^2 = 208 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir

$$\text{Luas D16} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2$$

$$= 132,665 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan pasang} &= \frac{A_{s_{perlu}}}{\text{Luasan tulangan puntir}} \\ &= \frac{104 \text{ mm}^2}{132,665 \text{ mm}^2} \\ &= 0,784 \approx 2 \text{ Buah}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan puntir 2 D 13

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned}A_{s_{pasang}} \text{ puntir} &= n_{pasang} \times \text{luasan tulangan puntir} \\ &= 2 \times 132,665 \text{ mm}^2 \\ &= 265,33 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$

$265,33 \text{ mm}^2 \geq 104 \text{ mm}^2$ (**memenuhi**)

Maka, pada tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan dipasang tulangan puntir sebesar 2 D 13.

Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar dari output SAP

$Mu_{tumpuan} = 7199700 \text{ Nmm}$

$Nu = 11239,7 \text{ N}$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{Mu_{tumpuan}}{\phi} \\ &= \frac{7199700 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 8999625 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Gaya aksial nominal (N_u)

$$N_n = \frac{Nu_{tumpuan}}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{11239,7 \text{ Nmm}}{0,6} \\
 &= 18732,833 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,032
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,032 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{8999625 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (392 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,234 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,234 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0005
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0005 \leq 0,024 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 250 \times 392 \\
 &= 446,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{Nn}{f_y} + \frac{Al}{4} \\
 &= 446,625 + 46,832 + 103,625 \\
 &= 597,082 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{597,082 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 804,248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$804,248 \text{ mm}^2 > 493,457 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

Luasan tulangan lentur tekan ditambah luasan tambahan lentur axial untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s + \frac{Al}{4} \\ &= 0 + 103,625 \\ &= 103,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s' \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{103,625 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\ &= 0,516 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,204 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 402,204 \text{ mm}^2 &> 103,625 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\ S_{\text{maks}} &\leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis} \end{aligned}$$

Direncanakan dipakai tulangan :

tarik 1 lapis 5D19

tekan 1 lapis 2D19

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 28,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat\ sejajar}$$

$$28,67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat\ sejajar}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur sloofS1 (25/45) untuk daerah tumpuan :

1. Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 = 4D16
2. Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan (+) } > \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$As \text{ pasang} = 4D16$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 804,248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As' pasang} &= 2\text{D16} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{M lentur tumpuan (+)} &> \frac{1}{3} \times \text{M lentur tumpuan (-)} \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\
 402,124 \text{ mm}^2 &\geq 268,083 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :
 Tulangan tarik = 4D16
 Tulangan tekan = 2D16

Kontrol kemampuan penampang :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan tarik} \quad 4\text{D16} &= 804,248 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai tulangan tekan} \quad 2\text{D16} &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) - (402,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 15,769 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f'c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm} \times 15,769 \text{ mm} \\
 &= 100531 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= \text{As' pasang} \times fy \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 321699,088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n_{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 100531 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{15,769 \text{ mm}}{2}\right) + \\
 &321699,088 \text{ N} \times (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 146062968,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $M_{n_{pasang}} > M_{n_{perlu}}$
 $146062968,8 \text{ Nmm} > 8999625 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk sloofS1 (25/45) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

1. Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 4D16
2. Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar dari output SAP 2000

$M_{ulapangan} = 5591300 \text{ Nmm}$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{ulapangan}}{\phi} \\
 &= \frac{5591300 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 6989125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Gaya aksial nominal (N_u)

$$\begin{aligned}
 N_n &= \frac{N_{ulapangan}}{\phi} \\
 &= \frac{2060,33 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 2575,4125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,032 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{6989125 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (392 \text{ mm})^2} \\ &= 0,182 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,182 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,0004 \leq 0,024 \quad \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Maka, digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 250 \times 392 \\ &= 465,918 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_s + \frac{Nn}{f_y} + \frac{Al}{4} \\ &= 465,918 + 85,847 + 122,918 \\ &= 674,683 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{674,683 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas D lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$804,248 \text{ mm}^2 > 674,683 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 + 122,918 \\ &= 122,918 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{122,918 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\ &= 0,612 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 402,124 \text{ mm}^2 &> 122,918 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\ S_{\text{maks}} &\leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis} \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul. } x D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 28,667 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$28667 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur sloof S1 (25/45) untuk daerah lapangan :

1. Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

Lapis 1 = 4D16

2. Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada sloof

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur lapangan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\text{As pasang} = 4\text{D16}$$

$$= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 804,248 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ pasang} &= 2D16 \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ lentur lapangan } (+) &\geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur lapangan } (-) \\
 402,124 \text{ mm}^2 &> \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2 \\
 402,124 \text{ mm}^2 &> 268,083 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan :

$$\text{Tulangan tarik} = 4D16$$

$$\text{Tulangan tekan} = 2D16$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\text{As pakai tulangan tarik} \quad 4D16 = 804,248 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} \quad 2D16 = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2) + (402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 15,769 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm} \times 15,769 \text{ mm}$$

$$= 100531 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s' \text{ pasang} \times f_y$$

$$= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 146062968,8 \text{ N}$$

$$M_{n\text{pasang}} = C_c' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s' \times (d - d')$$

$$\begin{aligned}
 &= 100531 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{15,769 \text{ mm}}{2} \right) + \\
 &146062968 \text{ N} \times (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 146062968,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka, $M_{n\text{pasang}} > M_{n\text{perlu}}$

$146062968,8 \text{ Nmm} > 6989125 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk sloof S1 (25/45) pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

1. Tulangan tarik 1 lapis
Lapis 1 : 4D16
2. Tulangan tekan minimum 1 lapis
Lapis 1 : 2D16

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar dari output SAP 2000

$M_{utumpuan} = 13816900 \text{ Nmm}$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{utumpuan}}{\phi} \\
 &= \frac{13816900 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 17271125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Gaya aksial nominal (N_u)

$$\begin{aligned}
 N_n &= \frac{N_{utumpuan}}{\phi} \\
 &= \frac{24727,5 \text{ Nmm}}{0,6} \\
 &= 41212,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

⇒ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \left(\frac{30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,032
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,032 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{17271125 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (392 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,45 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,45 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0011
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max} \\
 0,0035 &\geq 0,0011 \leq 0,024 \quad \rightarrow \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$

Luasan tulangan lentur tarik pakai

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 250 \times 392 \\ &= 435,671 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_s + \frac{Nn}{f_y} + \frac{Al}{4} \\ &= 435,671 + 103,031 + 92,671 \\ &= 631,374 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan pakai}} \\ &= \frac{631,374 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16)^2} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tarik (pasang sisi atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas D lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$804,248 \text{ mm}^2 > 631,374 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$

Luasan tulangan lentur tekan ditambah luasan tambahan lentur axial untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s + \frac{Al}{4} \\ &= 0 + 92,671 \\ &= 92,671 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As' \text{ perlu}}{As \text{ tulangan pakai}} \\
 &= \frac{92,671 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,461 \text{ buah} \approx \text{dipakai 2 buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur tekan pasang (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$As \text{ pasang} > As \text{ perlu}$

$$402,124 \text{ mm}^2 > 92,671 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

Kontrol jarak spasi tulangan tarik

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 28,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat sejajar}}$$

$$28,67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

Maka, dipakai tulangan lentur balok S1 (25/45) untuk daerah tumpuan :

1. Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

$$\text{Lapis 1} = 4D16$$

2. Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

$$\text{Lapis 1} = 2D16$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M \text{ lentur tumpuan } (+) > \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan } (-)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_s \text{ pasang} = 4D16$$

$$= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 804,248 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2D16$$

$$= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 402,124 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) $> \frac{1}{3}$ x M lentur tumpuan (-)

$$402,124 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 804,248 \text{ mm}^2$$

$$402,124 \text{ mm}^2 \geq 268,083 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 4D16

Tulangan tekan = 2D16

Kontrol kemampuan penampang :

As pakai tulangan tarik 4D16 = 804,248 mm²

As pakai tulangan tekan 2D16 = 402,124 mm²

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 250} \\ &= 15,769 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm} \times 15,769 \text{ mm} \\ &= 100531 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As' \text{ pasang} \times f_y \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 321699,088 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 100531 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{15,769 \text{ mm}}{2} \right) + \\ &321699,088 \text{ N} \times (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\ &= 146062968,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka, $M_{n\text{pasang}} > M_{n\text{perlu}}$
 $146062968,8 \text{ Nmm} > 17271125 \text{ Nmm}$ (**memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk sloof S1 (25/45) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D16 dan tulangan tekan minimum 2D16 dengan susunan sebagai berikut :

3. Tulangan tarik 1 lapis
 Lapis 1 : 4D16
4. Tulangan tekan minimum 1 lapis
 Lapis 1 : 2D16

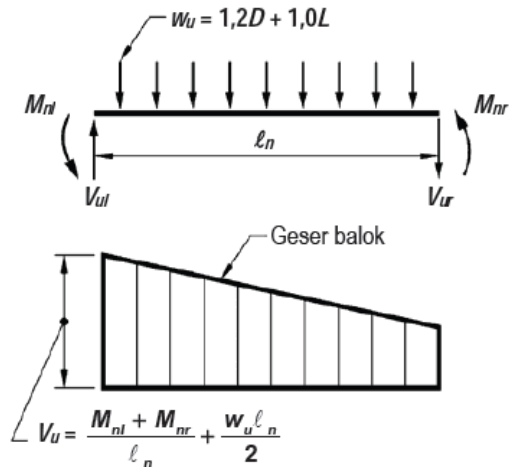
Penulangan lentur pada sloof S 1 menggunakan kebutuhan tulangan terbesar dan menyamakan didaerah tekan dan tarik karena pada sloof terjadi keadaan tarik dan membutuhkan tulangan menerus. Tulangan lentur yang dipakai adalah 2D 16 pada bagian tekan dan 4D16 pada daerah tarik.

b. Perhitungan Penulangan Geser

Dengan data sloof sebagai berikut :

f_c'	= 30 MPa
f_y	= 240 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75
	(SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)
Lebar sloof (b)	= 250 mm
Tinggi sloof (h)	= 450 mm
\emptyset tulangan geser	= 10 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada S1 (25/45), didapat :



Gambar 4. 37 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pakai tulangan tarik 4D16 = 804,248 mm²

As pakai tulangan tekan 2D16 = 402,124 mm²

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 15,769 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm} \times 15,769 \text{ mm} \\
 &= 100531 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 321699,088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n1} &= C_c' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s' \times (d - d') \\
 &= 100531 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{15,769 \text{ mm}}{2}\right) + \\
 &321699,088 \text{ N} \times (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 146062968,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan tarik} & \quad 4D16 = 804,248 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai tulangan tekan} & \quad 2D16 = 402,124 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(804,248 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \times 30 \times 250} \\
 &= 15,769 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm} \times 15,769 \text{ mm} \\
 &= 100531 \text{ N}
 \end{aligned}$$

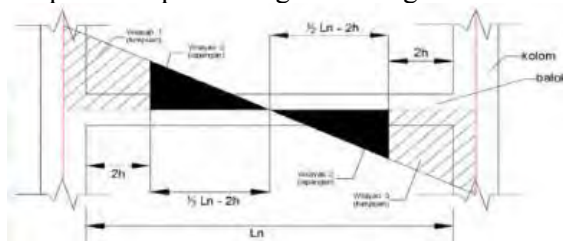
$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 321699,088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nr} &= Cc' x \left(d - \frac{a}{2} \right) + Cs' x (d - d') \\
 &= 100531 \text{ N} x \left(392 \text{ mm} - \frac{15,769 \text{ mm}}{2} \right) + \\
 321699,088 \text{ N} x (392 \text{ mm} - 58 \text{ mm}) \\
 &= 146062968,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Pembagian wilayah geser sloof

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 daerah tumpuan sejarak dua kali tinggi sloof dari muka kolom kearah tengah bentang.
2. Wilayah 2 daerah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang sloof.



1. Pada wilayah 1 dan 3 (Daerah tumpuan)

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi dari analisa SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor $V_u = 46507,9 \text{ N}$
(dimana V_u diambil tepat pada muka kolom)

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + \frac{Wu x Ln}{2} \\
 V_{u1} &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + V_u
 \end{aligned}$$

Dimana :

Vu_1 = Gaya geser pada muka perletakan

Mn_1 = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln = Panjang balok bersih

$$\begin{aligned} Vu_1 &= \frac{Mn_1 + Mnr}{Ln} + Vu \text{ tumpuan} \\ &= \frac{146062968,8 \text{ Nmm} + 146062968,8 \text{ Nmm}}{2700 \text{ mm}} + 46507,9 \text{ N} \\ &= 150838,592 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned} \sqrt{f_c'} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\ \sqrt{30} &\leq 8,3 \text{ MPa} \\ 5,48 \text{ MPa} &\leq 8,3 \text{ MPa} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Kuat geser beton

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\ &= 89461,35 \text{ N} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned} V_{Smin} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\ &= 32666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{Smax} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 178922,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 357845,404 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi :

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c &\rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 150838,592 \text{ N} \leq 33548,00665 \text{ N} &\quad \textbf{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 33548,00665 \text{ N} \leq 150838,592 \text{ N} \leq 67096,01329 \text{ N} &\quad \textbf{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3

$$\begin{aligned}
 \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{S_{\min}}) &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 67096,01329 \text{ N} \leq 150838,592 \text{ N} \leq 91596,01329 \text{ N} &\quad \textbf{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 \emptyset (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{S_{\max}}) &\rightarrow \text{Tulangan geser} \\
 91596,01329 \text{ N} \leq 150838,529 \text{ N} \leq 201288,0399 \text{ N} &\quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$= \frac{150838,529 \text{ N} - (0,75 \times 89461,35 \text{ N})}{0,75}$$

$$= 8374,258 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan sengkang 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times 3,14 \times d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \times 2 \\ &= 157,0796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{157,0796 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 392 \text{ mm}}{8374,257 \text{ N}} \\ &= 1764,699 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 175 mm

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\ 175 \text{ mm} &\leq \frac{392 \text{ mm}}{2} \\ 175 \text{ mm} &\leq 196 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 175 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 175 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Sloof

Pada kedua ujung sloof, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari 2h diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu.

a. $\frac{d}{2}$;

b. 600 mm.

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

a. $S_{\text{pakai}} \leq \frac{d}{2}$

$$175 \text{ mm} \leq \frac{392 \text{ mm}}{2}$$

$$175 \text{ mm} \leq 196 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

b. $S_{\text{pakai}} \leq 600 \text{ mm}$

$$175 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Kontrol syarat penulangan geser tidak memenuhi, sehingga dipasang Ø10 -175 mm dengan sengkang 2 kaki.

2. Pada wilayah 2 (Daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times \left(\frac{1}{2}ln - 2h\right)}{\frac{1}{2}ln} \\ &= \frac{150838,592 \text{ N} \times \left(\frac{1}{2} \times 2700 \text{ mm} - 2 \times 450 \text{ mm}\right)}{\frac{1}{2} \times 2700 \text{ mm}} \\ &= 53870,92573 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

(SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{30} \leq 8,3 \text{ MPa}$$

$$5,48 \text{ MPa} \leq 8,3 \text{ MPa} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Kuat geser beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 89461,35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 32666,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 5,560 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 11,1205 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi :Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c &\rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 53870,92573 \text{ N} \leq 33548,00665 \text{ N} &\quad \text{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c &\rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 33548,00665 \text{ N} \leq 53870,926 \text{ N} \leq 67096,01 \text{ N} &\quad \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka perencanaan penulangan geser sloof diambil berdasarkan kondisi 2.

$$\begin{aligned} V_{\text{Sperlu}} &= \frac{bw \cdot d}{3} \\ &= \frac{250 \times 392}{3} \\ &= 32666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan sengkang 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= (0,25 \times 3,14 \times d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2) \times 2 \\ &= 157,0796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{\text{Sperlu}}} \\ &= \frac{157,0796 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times 392 \text{ mm}}{32666,67 \text{ N}} \\ &= 28274333,88 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser dengan jarak 175 mm

Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\ 175 \text{ mm} &\leq \frac{392 \text{ mm}}{2} \\ 175 \text{ mm} &\leq 196 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 175 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 - 175 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Sloof

Pada kedua ujung sloof, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari 2h diukur dari muka

komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Senggang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b)

- a. $\frac{d}{2}$;
- b. 600 mm.

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

- a. $S_{\text{pakai}} \leq \frac{d}{2}$
 $175 \text{ mm} \leq \frac{392 \text{ mm}}{2}$
 $175 \text{ mm} \leq 196 \text{ mm}$

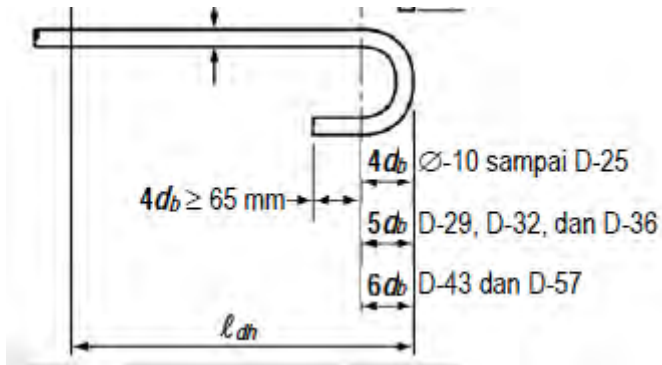
(memenuhi)

- b. $S_{\text{pakai}} \leq 600 \text{ mm}$
 $110 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$ (memenuhi)

Kontrol syarat penulangan geser tidak memenuhi, sehingga dipasang Ø10 -175 mm dengan sengkang 2 kaki.

Jadi, penulangan geser pada sloof S 1 (25/45) pada wilayah 1 dan 3 daerah tumpuan sepanjang 2h dari muka kolom ke arah tengah bentang menggunakan tulangan Ø10 - 175 mm dengan sengkang 2 kaki dan pada wilayah 2 daerah lapangan sepanjang akhir wilayah satu sampai setengah bentang menggunakan tulangan Ø10 - 175 mm dengan sengkang 2 kaki.

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

Jadi panjang penyaluran tulangan sloof memakai $4d_b$

$$\begin{aligned}\text{Panjang penyaluran} &= 4 \times d_b \\ &= 4 \times 10 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.3.5 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Dan Poer

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai struktur bangunan bawah. Pondasi berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung dibawahnya tanpa terjadi penurunan tak sama pada sistem strukturnya, juga tanpa terjadinya keruntuhan pada tanah.

Perencanaan pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi

diatasnya. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus di tinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan.

Beban yang diperhitungkan bekerja pada pondasi adalah : beban mati yaitu berat struktur, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Kombinasi pembebanan yang digunakan antara lain :

1. Beban mati + beban hidup
2. Beban mati + beban hidup + beban gempa
3. Beban mati + beban hidup + beban angin

4.3.5.1 Perencanaan Pondasi

Berikut adalah data-data perencanaan pondasi :

- | | |
|----------------------------|-----------------|
| a. Kedalaman tiang pancang | = 15 m |
| b. Dimensi tiang pancang | = 30 cm x 30 cm |
| c. P ijin bahan | = 77,92 ton |
| d. b kolom | = 30 cm |
| e. h kolom | = 70 cm |
| f. f_c' | = 30 MPa |
| g. f_y | = 400 MPa |
| h. Tebal selimut beton | = 75 mm |

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1.a)

- | | |
|---------------------------------|---|
| i. Keliling tiang pancang | = 4 x Sisi |
| | = 4 x 30 cm |
| | = 120 cm |
| j. Luas tiang pancang (A_p) | = $p \times l$ |
| | = 30 cm x 30 cm |
| | = $600 \text{ cm}^2 = 0,06 \text{ m}^2$ |

4.3.5.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin (P_{ijin})

Daya dukung ijin pondasi dihitung dari data SPT, dari data tersebut diperoleh nilai N-SPT dengan faktor keamanan $SF= 3$ untuk beban tetap dan $SF=2$ untuk

beban sementara. Dari data SPT kedalaman 15 m didapatkan nilai :

- Besar nilai SPT ujung tiang (N) = 40
- $N = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{3 + (3+3)/2}{2} = 3$

Mekanika tanah dan Pondasi halaman 100

- Intensitas gaya geser dinding tiang (Friction)

Pada tiang pracetak :

- Tanah berpasir : $N/5 \leq 10$
- Tanah kohesif : $N \leq 12$

Karena jenis tanah pada Rusun Bandarejo adalah tanah kohesif maka persamaan (b) yang digunakan. Maka nilai Friction pada kedalaman 1m yaitu 3 ton/m².

Mekanika Tanah dan Pondai halaman 102

- Mencari S friction
 $S \text{ friction} = \text{Friction} \times \text{kell tiang pancang}$
 $S \text{ friction} = 3 \text{ ton/m}^2 \times (4 \times 0,3 \text{ m})$
 $S \text{ friction} = 3,6 \text{ ton}$
- Mencari Bearing
 $\text{Bearing} = 40 \times \frac{N_1 + N_2}{2} \times \text{panjang sisi tiang pancang}$
 $\text{Bearing} = 40 \times 3 \times 0,3$
 $\text{Bearing} = 5,4 \text{ Ton}$
- Mencari Pu
 $Pu = S \text{ friction} + \text{Bearing}$
 $Pu = 3,6 \text{ ton} + 5,4 \text{ ton}$
 $Pu = 9 \text{ ton}$
- Mencari P ijin
 ✓ P ijin untuk beban tetap (SF=3)
 $P \text{ ijin} = \frac{Pu}{SF}$
 $P \text{ ijin} = \frac{9 \text{ ton}}{3}$
 $P \text{ ijin} = 3 \text{ ton}$
- ✓ P ijin untuk beban sementara (SF=2)
 $P \text{ ijin} = \frac{Pu}{SF}$

$$P \text{ ijin} = \frac{9 \text{ ton}}{2}$$

$$P \text{ ijin} = 4,5 \text{ ton}$$

- Efisiensi kelompok tiang

$$\eta = 1 - \theta \frac{((n - 1)m + (m - 1)n)}{(90 \cdot m \cdot n)}$$

$$\eta = 1 - 18,435 \frac{((2 - 1)2 + (2 - 1)2)}{(90 \cdot 2 \cdot 2)}$$

$$\eta = 0,795167$$

- Mencari P ijin x Efisiensi kelompok tiang

- ✓ Untuk beban tetap (SF=3)

$$= P \text{ ijin} \times \text{Efisiensi kelompok tiang}$$

$$= 3 \text{ ton} \times 0,795167$$

$$= 2,385 \text{ ton}$$

- ✓ Untuk beban sementara (SF=2)

$$= P \text{ ijin} \times \text{Efisiensi kelompok tiang}$$

$$= 4,5 \text{ ton} \times 0,795167$$

$$= 3,5782 \text{ ton}$$

- Mencari Pu bahan

Pu bahan dari spesifikasi pancang yaitu untuk ukuran mini pile 30 mm x 30 mm sebesar 233,52 ton.

- Kontrol Pu bahan > Pu tanah

$$Pu \text{ bahan} (233,52 \text{ ton}) > Pu \text{ tanah} (9 \text{ ton}) \quad (\text{OK})$$

- Gaya gaya yang terjadi pada tiang pancang berdasarkan output SAP 2000

Akibat beban sementara dengan kombinasi

$$1D + 1L + 1EqX$$

$$1D + 1L + 1EqY$$

$$1D + 1L + 1W, \text{ sebesar :}$$

$$\checkmark V = 48,4793 \text{ ton}$$

$$\checkmark M_x = 3,13757 \text{ ton}$$

$$\checkmark M_y = 0,59368 \text{ ton}$$

- Jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang

$$\checkmark P1 = X \rightarrow 0,450$$

$$Y \rightarrow 0,450$$

$$\checkmark P2 = X \rightarrow 0,450$$

$$\begin{aligned}
 & Y \rightarrow -0,450 \\
 \checkmark P3 & = X \rightarrow -0,450 \\
 & Y \rightarrow -0,450 \\
 \checkmark P4 & = X \rightarrow -0,450 \\
 & Y \rightarrow 0,450
 \end{aligned}$$

- Mencari gaya vertikal tiap tiang pancang

$$\begin{aligned}
 & = \frac{V}{n} \\
 & = \frac{48,4793}{4} \\
 & = 12,11848 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Gaya yang dipikul tiang (P akibat beban sementara)

$$\checkmark P \text{ Tiang } 1 = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y X_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{\text{tiang } 1} =$$

$$\begin{aligned}
 12,11848 \text{ ton} \pm & \frac{3,13757 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\
 & \pm \frac{0,59368 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2))}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{tiang } 1} = 14,19139 \text{ ton}$$

$$\checkmark P \text{ Tiang } 2 = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y X_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{\text{tiang } 2} =$$

$$\begin{aligned}
 12,11848 \text{ ton} \pm & \frac{3,13757 \text{ ton} \times -0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\
 & \pm \frac{0,59368 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2))}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{tiang } 2} = 10,7052 \text{ ton}$$

$$\checkmark \text{ PTiang 3} = \frac{V}{n} \pm \frac{Mx Y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My X_{max}}{\Sigma x^2}$$

Ptiang 3 =

$$12,11848 \text{ ton} \pm \frac{3,13757 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\ \pm \frac{0,59368 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2)}$$

P tiang 3 = 10,04556 ton

$$\checkmark \text{ PTiang 4} = \frac{V}{n} \pm \frac{Mx Y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My X_{max}}{\Sigma x^2}$$

Ptiang4 =

$$12,11848 \text{ ton} \pm \frac{3,13757 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\ \pm \frac{0,59368 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2)}$$

P tiang 4 = 13,53175 ton

- Kontrol P akibat beban < P ijin tanah pada kedalaman 15m
 - ✓ P1 (14,19139 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton) (OK)
 - ✓ P2 (10,7052 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton) (OK)
 - ✓ P3 (10,04556 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton) (OK)
 - ✓ P4 (13,53175 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton) (OK)
- Gaya gaya yang terjadi pada tiang pancang berdasarkan output SAP 2000
 Akibat beban tetap dengan kombinasi 1D + 1L, sebesar :

- ✓ $V = 49,13639 \text{ ton}$
- ✓ $M_x = 2,55209 \text{ ton}$
- ✓ $M_y = 0,56516 \text{ ton}$
- Jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang
 - ✓ $P1 = X \rightarrow 0,450$
 $Y \rightarrow 0,450$
 - ✓ $P2 = X \rightarrow 0,450$
 $Y \rightarrow -0,450$
 - ✓ $P3 = X \rightarrow -0,450$
 $Y \rightarrow -0,450$
 - ✓ $P4 = X \rightarrow -0,450$
 $Y \rightarrow 0,450$
- Mencari gaya vertikal tiap tiang pancang

$$= \frac{V}{n}$$

$$= \frac{49,13639}{4}$$

$$= 12,2841 \text{ ton}$$
- Gaya yang dipikul tiang (P akibat beban sementara)

$$\checkmark P \text{ Tiang } 1 = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y X_{max}}{\Sigma x^2}$$

P tiang 1 =

$$12,2841 \text{ ton} \pm \frac{2,55209 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))}$$

$$\pm \frac{0,56516 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2)}$$

P tiang 1 = 14,0159 ton

$$\checkmark P \text{ Tiang } 2 = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y X_{max}}{\Sigma x^2}$$

P tiang 2 =

$$12,11848 \text{ ton} \pm \frac{2,55209 \text{ ton} \times -0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\ \pm \frac{0,56516 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2))}$$

$$P \text{ tiang 2} = 11,18025 \text{ ton}$$

$$\checkmark P \text{Ti}ang \ 3 = \frac{V}{n} \pm \frac{Mx \ Ymax}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \ Xmax}{\Sigma x^2}$$

$$P \text{ tiang 3} =$$

$$12,11848 \text{ ton} \pm \frac{2,55209 \text{ ton} \times -0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\ \pm \frac{0,56516 \text{ ton} \times -0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2))}$$

$$P \text{ tiang 3} = 10,55229 \text{ ton}$$

$$\checkmark P \text{Ti}ang \ 4 = \frac{V}{n} \pm \frac{Mx \ Ymax}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \ Xmax}{\Sigma x^2}$$

$$P \text{ tiang 4} =$$

$$12,11848 \text{ ton} \pm \frac{2,55209 \text{ ton} \times 0,45}{(0,45^2 + (-0,45^2) + (-0,45^2) + (0,45^2))} \\ \pm \frac{0,56516 \text{ ton} \times -0,45}{(0,45^2 + 0,45^2) + (-0,45^2) + (-0,45^2))}$$

$$P \text{ tiang 4} = 13,38795 \text{ ton}$$

- Kontrol P akibat beban < P ijin tanah pada kedalaman 15m
 - ✓ P1 (14,0159 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton) (OK)
 - ✓ P2 (11,18025 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton) (OK)

- ✓ P3 (10,55229 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton)
(OK)
- ✓ P4 (13,38795 ton) < P ijin tanah (61,18812 ton)
(OK)

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

$$2,5 D \leq s \leq 3 D$$

$$2,5 \cdot 30 \text{ cm} \leq s \leq 3 \cdot 30 \text{ cm}$$

$$75 \text{ cm} \leq s \leq 90 \text{ cm}$$

Maka dipakai $s = 90 \text{ cm}$

Sedangkan perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s') diperkirakan :

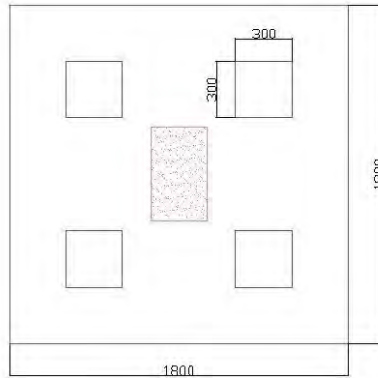
$$1,5 D \leq s' \leq 2 D$$

$$1,5 \cdot 30 \text{ cm} \leq s' \leq 2 \cdot 30 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} \leq s' \leq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $s' = 45 \text{ cm}$

Dari perhitungan di atas dapat di simpulkan ukuran panjang dan lebar poer, dimana dimensi poer adalah :



Gambar 4.32 Penampang Poer Tipe P1

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = Diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

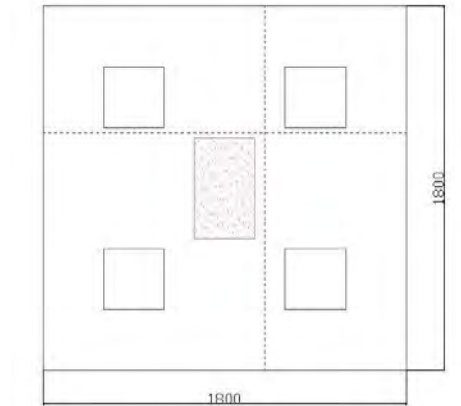
$$= \text{arc tg } 25/70 = 19,654$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \\ &= 1 - 19,654 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \\ &= 0,782 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaksi perlawanan tanah (qt)} &= \frac{\Sigma P \text{ total}}{\text{luasan poer}} \\ &= \frac{214877 \text{ kg}}{1700 \text{ mm} \times 1700 \text{ mm}} \\ &= 0,07435 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 0,744 \text{ N/mm}^2$$

4.3.5.3 Perhitungan Geser Satu Arah Pada Poer Akibat Tiang Pancang



Gambar 4.33 kondisi geser satu arah pada poer akibat tiang pancang

Gaya pada tiang pancang berdasarkan output SAP 2000

$$P \text{ tiang pancang 1} = 189925,03 \text{ N}$$

$$P \text{ tiang pancang 2} = 189925,03 \text{ N}$$

$$P \text{ tiang pancang 3} = 189925,03 \text{ N}$$

Perhitungan V_u

$$V_{u1} = P \text{ tiang pancang 1} + P \text{ tiang pancang 2}$$

$$V_{u1} = 189925,03 \text{ N} + 189925,03 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 379850,05 \text{ N}$$

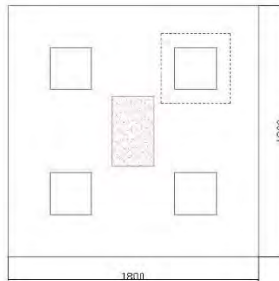
$$V_{u2} = P \text{ tiang pancang 1} + P \text{ tiang pancang 2}$$

$$V_{u2} = 189925,03 \text{ N} + 189925,03 \text{ N}$$

$$V_{u2} = 379850,05 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &\leq \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times d \times B \\
 379850,05 \text{ N} &\leq 0,8 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm} \\
 379850,05 \text{ N} &\leq 657267,07 \text{ N} \quad (\text{OK}) \\
 V_{u2} &\leq \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times d \times B \\
 379850,05 \text{ N} &\leq 0,8 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm} \\
 379850,05 \text{ N} &\leq 288,9617234 \text{ N} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.3.5.4 Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat Tiang Pancang



Gambar 4.34 geser pons dua arah pada poer akibat tiang pancang

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang pancang } 1 &= 189925 \text{ N} \\
 P \text{ tiang pancang } 1 &= 189925 \text{ N} \\
 P \text{ tiang pancang } 1 &= 189925 \text{ N} \\
 P \text{ tiang pancang } 1 &= 189925 \text{ N}
 \end{aligned}$$

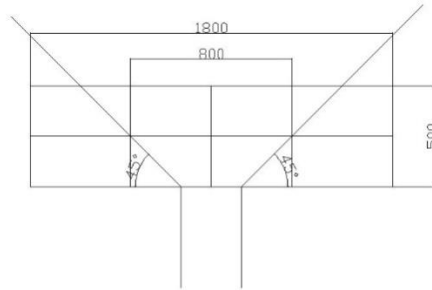
Keliling tiang pancang akibat geser pons dua arah :

$$\text{Keliling tiang pancang } 1 = 3200 \text{ mm}$$

$$\text{Keliling tiang pancang } 2 = 3200 \text{ mm}$$

Keliling tiang pancang 3 = 3200 mm

Keliling tiang pancang 4 = 3200 mm



Gambar 4.35 mencari keliling tiang pancang akibat geser pons dua arah

$V_{u1} = P$ tiang pancang 1

$V_{u1} = 189925 \text{ N}$

$V_{u2} = P$ tiang pancang 2

$V_{u2} = 189925 \text{ N}$

$V_{u3} = P$ tiang pancang 3

$V_{u3} = 189925 \text{ N}$

$V_{u4} = P$ tiang pancang 4

$V_{u4} = 189925 \text{ N}$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c'}}}{6} b \times d$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{30}}{6} \times 1800 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$V_c = 14788509 \text{ N}$$

$V_{u1} \leq \phi \times V_c \times \text{kell tiang pancang 1} \times d$

$$189925,025 \text{ N} \leq 0,8 \times 14788509 \text{ N} \times 3200 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 1,8923 \times 10^{13} \quad (\text{OK})$$

$$Vu2 \leq \phi \times Vc \times \text{kell tiang pancang } 1 \times d$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 0,8 \times 14788509 \text{ N} \times 3200 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 1,8923 \times 10^{13} \quad (\text{OK})$$

$$Vu3 \leq \phi \times Vc \times \text{kell tiang pancang } 1 \times d$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 0,8 \times 14788509 \text{ N} \times 3200 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 1,8923 \times 10^{13} \quad (\text{OK})$$

$$Vu4 \leq \phi \times Vc \times \text{kell tiang pancang } 1 \times d$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 0,8 \times 14788509 \text{ N} \times 3200 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$189925,025 \text{ N} \leq 1,8923 \times 10^{13} \quad (\text{OK})$$

- ❖ Catatan : Perhitungan geser pons 1 arah dan 2 arah dianggap kondisi paling ekstrim (tidak dilakukan pengurangan gaya pons karena penyebaran gaya overlap terhadap tiang pancang tidak diperhitungkan)

4.3.5.5 Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap (Poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan

- Dimensi poer = 1,8 m x 1,8 m x 0,5 m
- Jumlah tiang pancang = 4 buah
- Dimensi kolom = 30 cm x 50 cm
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan utama = 19 mm

- Selimut beton = 75 mm
- h = 500 mm
- ϕ = 0,8

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \text{ tul. Lentur} \\ &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 416 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ tul. Lentur} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \text{ tul. Lentur} \\ &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 396,5 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Poer

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3888000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$P_{\max} = P_1$ beban tiang dari bawah akibat beban (1,0DL + 1,0LL+1,0EQx)

$$\begin{aligned} P &= P_1 \times (\text{n tiang pacang}/2) \\ &= 48473,9 \text{ kg} \times (4/2) \\ &= 96947,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= (M_q - M_p) \times 1,4 \\ &= ((Q \cdot \frac{1}{2} bl) - (P \times \text{jarak as tiang ke tepi kolom})) \times 1,4 \\ &= ((2916000 \text{ kg} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75) - (96947,8 \text{ kg} \times 0,3 \text{ m})) \times 1,4 \\ &= 1052781,92 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1052781 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 1315977,405 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot (d_x)^2} \\
 &= \frac{243126334 \text{ Nmm}}{1800 \text{ mm} \times (416 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,0042 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
 &= \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 30 \text{ MPa}} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,0042 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ MPa}}} \right) \\
 &= 0,00001
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_{c'} \times \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 0,85}{400 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right) \\
 &= 0,033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,033 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,00001 < 0,024 \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho_{\min} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 1800 \text{ mm} \times 416 \text{ mm} \\ &= 2617,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S \leq S_{\text{maks}}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= 2h \\ &= 2 \times 500 \text{ mm} \\ &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm}^2 \times 1800 \text{ mm}}{2617,65 \text{ mm}^2} \\ &= 195 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 175 \text{ mm}$$

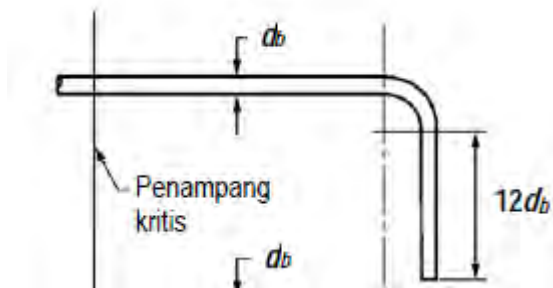
Tulangan yang dipakai Ø19 – 175

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm}^2 \times 1800 \text{ mm}}{175} \\ &= 2916,2956 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 2916,2956 \text{ mm}^2 &> 2617,65 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \textbf{Memenuhi} \end{aligned}$$

❖ **Panjang Penyaluran kait standart dalam kondisi standart**



Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart

$$\begin{aligned}\text{Panjang penyaluran} &= 12 \times 12 \text{ mm} \\ &= 144 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.3.5.6. Perhitungan Konsol Pendek

Balok Innduk Precast AS 4 (B – C)

Data Perencanaan:

$$\begin{aligned}f_c' &= 30 \text{ MPa} \\ \text{Cover} &= 10 \text{ mm} \\ D \text{ Lentur} &= 13 \text{ mm} \\ \varnothing \text{ Geser} &= 10 \text{ mm} \\ \Phi &= 0,75 \\ b \text{ konsol} = b \text{ balok} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Direncanakan } h \text{ konsol} &= 350 \text{ mm} \\ d \text{ konsol} &= h - \text{cover} - \frac{1}{2} D \text{ Lentur}\end{aligned}$$

$$= 350 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (1/2 \cdot 13 \text{ mm})$$

$$= 334 \text{ mm}$$

$$L \text{ Balok Induk Precast} = 4,5 \text{ M}$$

$$q_{uD} \text{ pelat precast} = 2332,8 \text{ kg/m}$$

$$q_{uL} \text{ pelat precast} = 864 \text{ kg/m}$$

$$q_{uTot} \text{ pelat precast} = 2332,8 + 864 = 3196,8 \text{ kg/m}$$

$$V_u \text{ pelat precast} = \frac{1}{2} \cdot q_{uTot} \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3196,8 \cdot 5,4$$

$$= 2397,6 \text{ m}$$

$$q_{uB2} \text{ precast} = 115,2 \text{ kg/m}$$

$$V_{uB2} = \frac{1}{2} \cdot q_{uB2} \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 115,2 \cdot 5,4$$

$$= 311,04 \text{ m}$$

$$q_{uB1} \text{ precast} = 302,4 \text{ kg/m}$$

$$V_{uB1} = \frac{1}{2} \cdot q_{uB1} \cdot L + \frac{3}{2} \cdot V_u \text{ Pelat} + \frac{2}{2} V_{uB2}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 302,4 \cdot 4,5 + 2397,6 \cdot 1,5 + 311,04$$

$$= 4310 \text{ kg}$$

$$= 43100 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{43100}{0,75} = 57467 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 334 = 106555 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 334 = 33350 \text{ N}$$

Syarat:

$$V_n \leq V_c + V_s$$

$$57467 \text{ N} \leq 106555 \text{ N} + 33350 \text{ N}$$

$$57467 \text{ N} \leq 139905 \text{ N (OK)}$$

Maka tulangan konsol menggunakan tulangan minimum.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)
2. Badan Standarisasi Nasional, 2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
3. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)
4. Wang, Chu Kia, Salmon, Charles G., Hariandja, Binsar, 1986, Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 1, Jakarta:Penerbit Erlangga
5. Wang, Chu Kia, Salmon, Charles G., Hariandja, Binssar, 1990, Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2, Jakarta:Penerbit Erlangga
6. J. Perry, Christopher, 1999, PCI Design Handbook 5th edition, Chicago:Precast/Prestressed Concrete Institute
7. Sosrodarsono, Ir.Suyono, 1983, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Jakarta:PT. Pradnya Paramita
8. Badan Standarisasi Nasional, NI-5, Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perhitungan perencanaan struktur bangunan gedung rumah susun sederhana sewa Bandarejo Surabaya menggunakan metode SRPMM dalam perhitungan gempa menggunakan respon spektrum didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Tebal Pelat
 - a. Pelat lantai = 15 cm
 - b. Pelat Atap = 13 cm
 - c. Pelat tangga = 15 cm
2. Dimensi balok
 - a. Balok Induk = 30cm x 70cm
 - b. Balok Anak = 20cm x 35cm
 - c. Balok Bordes Tangga = 30cm x 45cm
3. Dimensi Kolom
 - a. Kolom = 30cm x 50cm
4. Dimensi Sloof
 - a. Sloof 1 = 20cm x 45cm
 - b. Sloof 2 = 25cm x 45cm
5. Struktur Bawah
 - a. Dimensi Poer = 1,8m x 1,8m
 - b. Tebal Poer = 50cm
 - c. Jumlah Tiang Pancang = 4
 - d. Sisi Tiang Pancang = 30cm
 - e. Kedalaman tiang pancang = 15m

5.2 Penutup

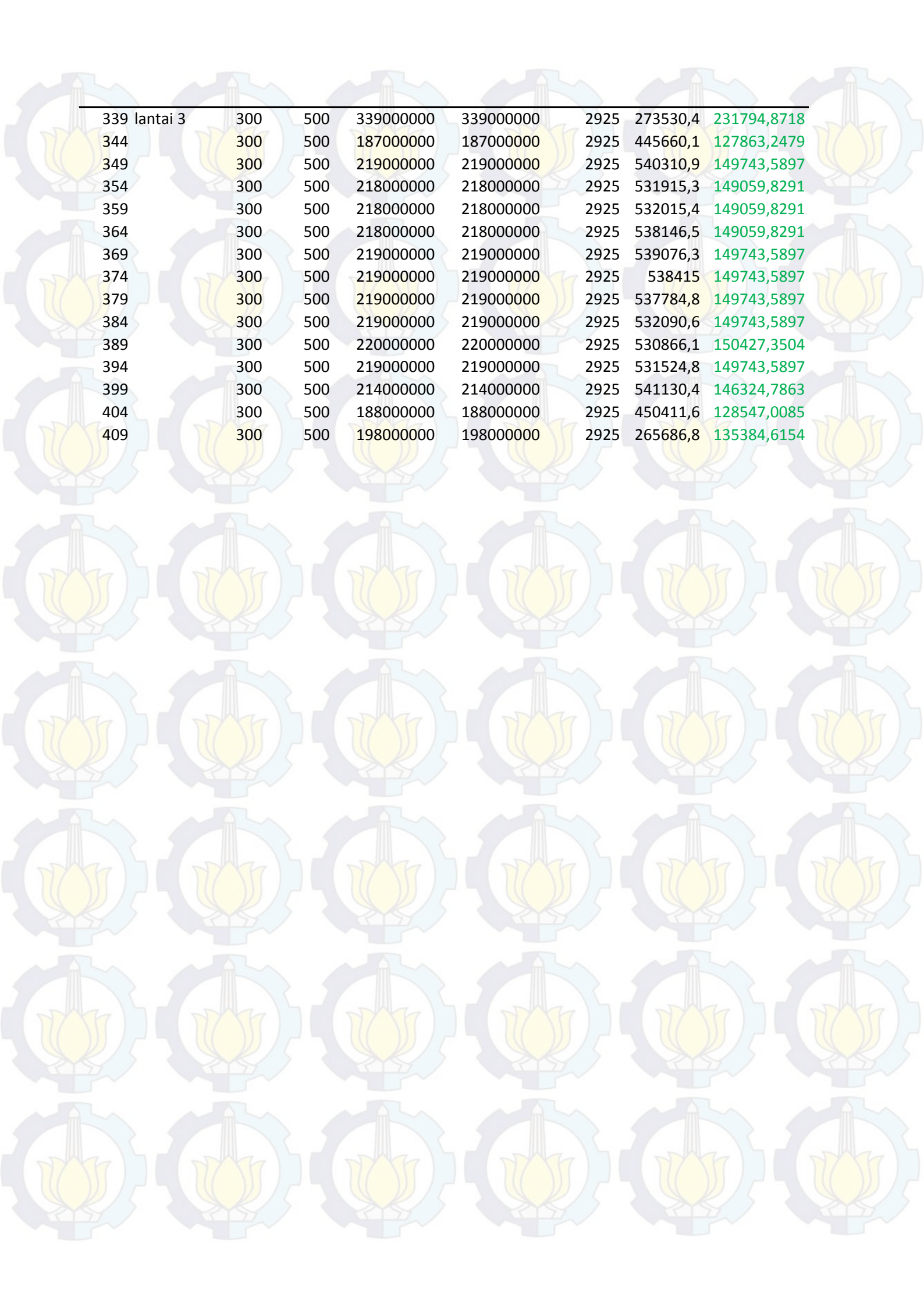
Kami ucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas kehendak-Nya dapat tersusun laporan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini, namun demikian kami berharap agar laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis khususnya.

Pada kesempatan ini kami ucapkan banyak terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen, terutama kepada Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengajaran hingga tersusunnya tugas akhir ini.


tinggi balok (h) = 700
 tinggi sloof (h) = 450
 jumlah kaki (n) = 2

frame	elevasi	b	h	Mnt	Mnb	L	Pu	Vu
	m	mm	mm	Nmm	Nmm	mm	N	N
337 lantai1		400	500	230000000	230000000	2925	485378,3	157264,9573
342		300	500	213000000	213000000	2925	790761,8	145641,0256
347		300	500	231000000	231000000	2925	949729,4	157948,7179
352		300	500	233000000	233000000	2925	932645	159316,2393
357		300	500	232000000	232000000	2925	933678,7	158632,4786
362		300	500	230000000	230000000	2925	943321,5	157264,9573
367		300	500	231000000	231000000	2925	944693,3	157948,7179
372		300	500	234000000	234000000	2925	943118,9	160000
377		300	500	235000000	235000000	2925	942856	160683,7607
382		300	500	231000000	231000000	2925	933791,5	157948,7179
387		300	500	235000000	235000000	2925	932184,5	160683,7607
392		300	500	235000000	235000000	2925	932280,6	160683,7607
397		300	500	230000000	230000000	2925	950969,7	157264,9573
402		300	500	216000000	216000000	2925	801358,7	147692,3077
407		300	500	233000000	233000000	2925	469168,1	159316,2393
338 lantai 2		300	500	206000000	206000000	2925	379072,3	140854,7009
343		300	500	221000000	221000000	2925	614446,2	151111,1111
348		300	500	261000000	261000000	2925	745164	178461,5385
353		300	500	261000000	261000000	2925	732841,7	178461,5385
358		300	500	261000000	261000000	2925	733210,3	178461,5385
363		300	500	262000000	262000000	2925	740977,4	179145,2991
368		300	500	260000000	260000000	2925	742137,2	177777,7778
373		300	500	260000000	260000000	2925	741021,5	177777,7778
378		300	500	261000000	261000000	2925	740499,7	178461,5385
383		300	500	261000000	261000000	2925	733284,2	178461,5385
388		300	500	261000000	261000000	2925	731774,5	178461,5385
393		300	500	261000000	261000000	2925	732365,2	178461,5385
398		300	500	255000000	255000000	2925	746226	174358,9744
403		300	500	224000000	224000000	2925	621894,3	153162,3932
408		300	500	241000000	241000000	2925	367282,4	164786,3248



339 lantai 3	300	500	339000000	339000000	2925	273530,4	231794,8718
344	300	500	187000000	187000000	2925	445660,1	127863,2479
349	300	500	219000000	219000000	2925	540310,9	149743,5897
354	300	500	218000000	218000000	2925	531915,3	149059,8291
359	300	500	218000000	218000000	2925	532015,4	149059,8291
364	300	500	218000000	218000000	2925	538146,5	149059,8291
369	300	500	219000000	219000000	2925	539076,3	149743,5897
374	300	500	219000000	219000000	2925	538415	149743,5897
379	300	500	219000000	219000000	2925	537784,8	149743,5897
384	300	500	219000000	219000000	2925	532090,6	149743,5897
389	300	500	220000000	220000000	2925	530866,1	150427,3504
394	300	500	219000000	219000000	2925	531524,8	149743,5897
399	300	500	214000000	214000000	2925	541130,4	146324,7863
404	300	500	188000000	188000000	2925	450411,6	128547,0085
409	300	500	198000000	198000000	2925	265686,8	135384,6154

Pu/14 Ag	Vc	φ Vc	Vs min	0,5 φ Vc	φ (Vc+Vsmin)	Vs max
N/mm	N	N	N	N	N	N
0,173349	101541,849	76156,39	31600	50770,92449	99856,38674	346160,6563
0,376553	89345,35732	67009,02	23700	44672,67866	84784,01799	259620,4923
0,452252	94258,60096	70693,95	23700	47129,30048	88468,95072	259620,4923
0,444117	93730,56997	70297,93	23700	46865,28498	88072,92748	259620,4923
0,444609	93762,51874	70321,89	23700	46881,25937	88096,88906	259620,4923
0,449201	94060,55071	70545,41	23700	47030,27535	88320,41303	259620,4923
0,449854	94102,9492	70577,21	23700	47051,4746	88352,2119	259620,4923
0,449104	94054,28891	70540,72	23700	47027,14445	88315,71668	259620,4923
0,448979	94046,1634	70534,62	23700	47023,0817	88309,62255	259620,4923
0,444663	93766,00508	70324,5	23700	46883,00254	88099,50381	259620,4923
0,443897	93716,3372	70287,25	23700	46858,1686	88062,2529	259620,4923
0,443943	93719,30739	70289,48	23700	46859,65369	88064,48054	259620,4923
0,452843	94296,93516	70722,7	23700	47148,46758	88497,70137	259620,4923
0,381599	89672,87785	67254,66	23700	44836,43892	85029,65838	259620,4923
0,223413	79405,79605	59554,35	23700	39702,89802	77329,34704	259620,4923
0,180511	76621,18701	57465,89	23700	38310,5935	75240,89026	259620,4923
0,292593	83895,93555	62921,95	23700	41947,96778	80696,95167	259620,4923
0,35484	87936,05693	65952,04	23700	43968,02847	83727,0427	259620,4923
0,348972	87555,20912	65666,41	23700	43777,60456	83441,40684	259620,4923
0,349148	87566,60152	65674,95	23700	43783,30076	83449,95114	259620,4923
0,352846	87806,66084	65855	23700	43903,33042	83629,99563	259620,4923
0,353399	87842,50702	65881,88	23700	43921,25351	83656,88026	259620,4923
0,352867	87808,02385	65856,02	23700	43904,01193	83631,01789	259620,4923
0,352619	87791,89647	65843,92	23700	43895,94824	83618,92235	259620,4923
0,349183	87568,88556	65676,66	23700	43784,44278	83451,66417	259620,4923
0,348464	87522,22496	65641,67	23700	43761,11248	83416,66872	259620,4923
0,348745	87540,48184	65655,36	23700	43770,24092	83430,36138	259620,4923
0,355346	87968,88038	65976,66	23700	43984,44019	83751,66029	259620,4923
0,29614	84126,13548	63094,6	23700	42063,06774	80869,60161	259620,4923
0,174896	76256,79419	57192,6	23700	38128,3971	74967,59565	259620,4923



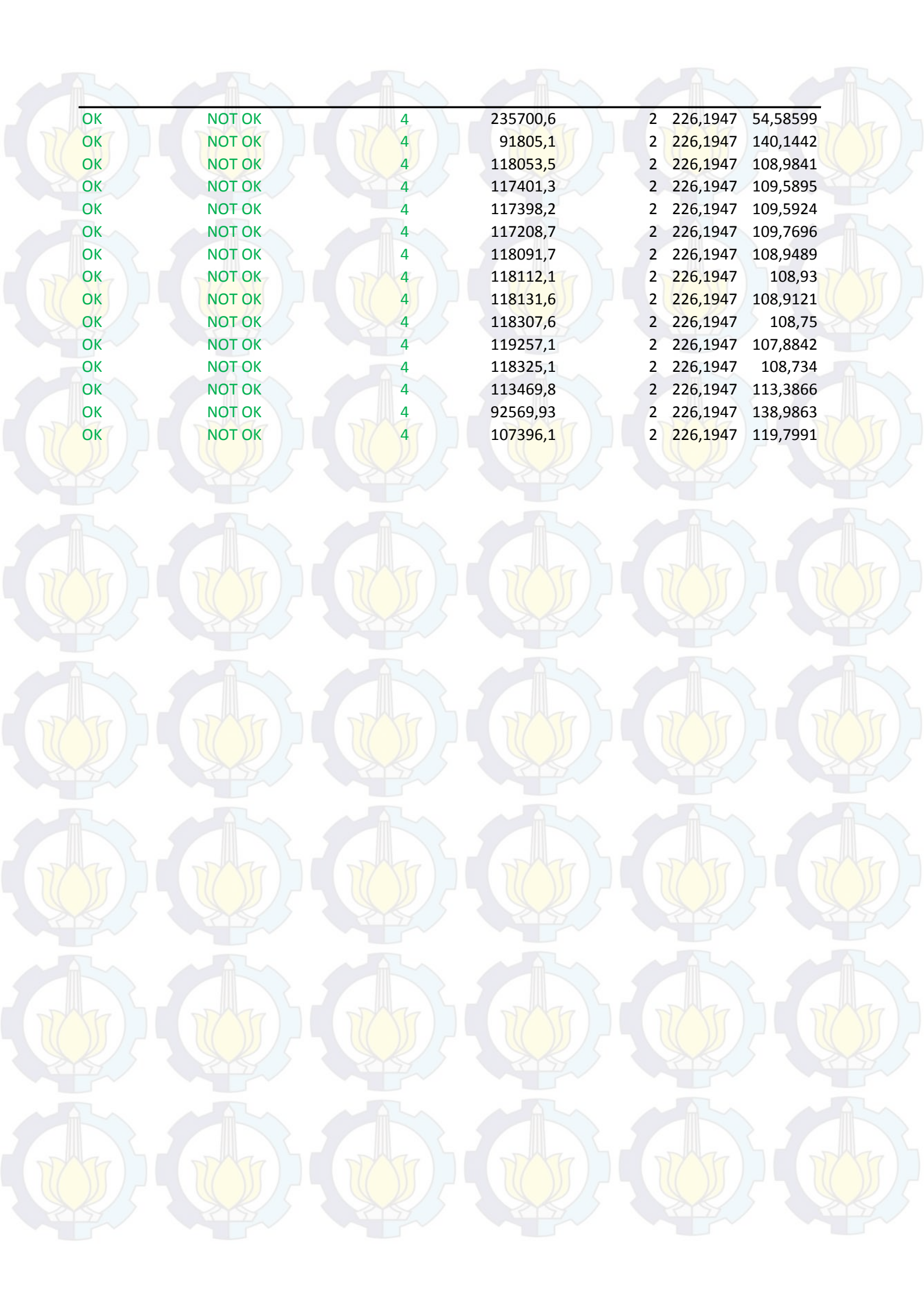
0,130253	73359,18224	55019,39	23700	36679,59112	72794,38668	259620,4923
0,212219	78679,22956	59009,42	23700	39339,61478	76784,42217	259620,4923
0,257291	81604,6209	61203,47	23700	40802,31045	78978,46568	259620,4923
0,253293	81345,1364	61008,85	23700	40672,5682	78783,8523	259620,4923
0,253341	81348,23021	61011,17	23700	40674,11511	78786,17266	259620,4923
0,25626	81537,72535	61153,29	23700	40768,86268	78928,29402	259620,4923
0,256703	81566,46287	61174,85	23700	40783,23144	78949,84715	259620,4923
0,256388	81546,02394	61159,52	23700	40773,01197	78934,51795	259620,4923
0,256088	81526,54622	61144,91	23700	40763,27311	78919,90966	259620,4923
0,253376	81350,55443	61012,92	23700	40675,27722	78787,91582	259620,4923
0,252793	81312,70856	60984,53	23700	40656,35428	78759,53142	259620,4923
0,253107	81333,06714	60999,8	23700	40666,53357	78774,80035	259620,4923
0,257681	81629,94935	61222,46	23700	40814,97468	78997,46201	259620,4923
0,214482	78826,08513	59119,56	23700	39413,04256	76894,56384	259620,4923
0,126518	73116,75852	54837,57	23700	36558,37926	72612,56889	259620,4923

2 Vs max	φ (Vc+Vs max)	φ (Vc+2 Vs max)	kondisi 1	kondisi 2	kondisi 3
N	N	N			
692321,3127	335776,879	595397,3713	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	261724,3872	456439,7564	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265409,3199	460124,6891	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265013,2967	459728,6659	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265037,2583	459752,6274	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265260,7822	459976,1514	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265292,5811	460007,9503	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265256,0859	459971,4551	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265249,9917	459965,3609	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265039,873	459755,2422	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265002,6221	459717,9913	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265004,8497	459720,2189	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265438,0706	460153,4398	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	261970,0276	456685,3968	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	254269,7162	448985,0854	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	252181,2594	446896,6286	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	257637,3209	452352,6901	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260667,4119	455382,7811	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260381,776	455097,1452	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260390,3203	455105,6895	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260570,3648	455285,734	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260597,2495	455312,6186	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260571,3871	455286,7563	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260559,2915	455274,6607	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260392,0334	455107,4026	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260357,0379	455072,4071	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260370,7306	455086,0998	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260692,0295	455407,3987	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	257809,9708	452525,34	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	251907,9648	446623,334	NOT OK	NOT OK	NOT OK

519240,9845	249734,7559	444450,1251	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	253724,7914	448440,1606	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255918,8349	450634,2041	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255724,2215	450439,5907	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255726,5419	450441,911	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255868,6632	450584,0324	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255890,2163	450605,5855	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255874,8871	450590,2563	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255860,2789	450575,6481	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255728,285	450443,6542	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255699,9006	450415,2698	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255715,1695	450430,5387	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255937,8312	450653,2004	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	253834,933	448550,3022	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	249552,9381	444268,3073	NOT OK	NOT OK	NOT OK

kondisi 4	kondisi 5	KONTROL KONDISI	Vs perlu	kaki rencana	Av	S perlu
			N			

OK	NOT OK	4	108144,8	2	226,1947	118,9697
OK	NOT OK	4	104842,7	2	226,1947	122,7168
OK	NOT OK	4	116339,7	2	226,1947	110,5895
OK	NOT OK	4	118691,1	2	226,1947	108,3986
OK	NOT OK	4	117747,5	2	226,1947	109,2674
OK	NOT OK	4	115626,1	2	226,1947	111,2721
OK	NOT OK	4	116495,3	2	226,1947	110,4418
OK	NOT OK	4	119279	2	226,1947	107,8643
OK	NOT OK	4	120198,9	2	226,1947	107,0389
OK	NOT OK	4	116832,3	2	226,1947	110,1233
OK	NOT OK	4	120528,7	2	226,1947	106,746
OK	NOT OK	4	120525,7	2	226,1947	106,7486
OK	NOT OK	4	115389,7	2	226,1947	111,5
OK	NOT OK	4	107250,2	2	226,1947	119,962
OK	NOT OK	4	133015,9	2	226,1947	96,72496
OK	NOT OK	4	111185,1	2	226,1947	115,7165
OK	NOT OK	4	117585,5	2	226,1947	109,4178
OK	NOT OK	4	150012,7	2	226,1947	85,76578
OK	NOT OK	4	150393,5	2	226,1947	85,54859
OK	NOT OK	4	150382,1	2	226,1947	85,55507
OK	NOT OK	4	151053,7	2	226,1947	85,17467
OK	NOT OK	4	149194,5	2	226,1947	86,23609
OK	NOT OK	4	149229	2	226,1947	86,21616
OK	NOT OK	4	150156,8	2	226,1947	85,68344
OK	NOT OK	4	150379,8	2	226,1947	85,55637
OK	NOT OK	4	150426,5	2	226,1947	85,52983
OK	NOT OK	4	150408,2	2	226,1947	85,54022
OK	NOT OK	4	144509,8	2	226,1947	89,03173
OK	NOT OK	4	120090,4	2	226,1947	107,1356
OK	NOT OK	4	143458,3	2	226,1947	89,68427

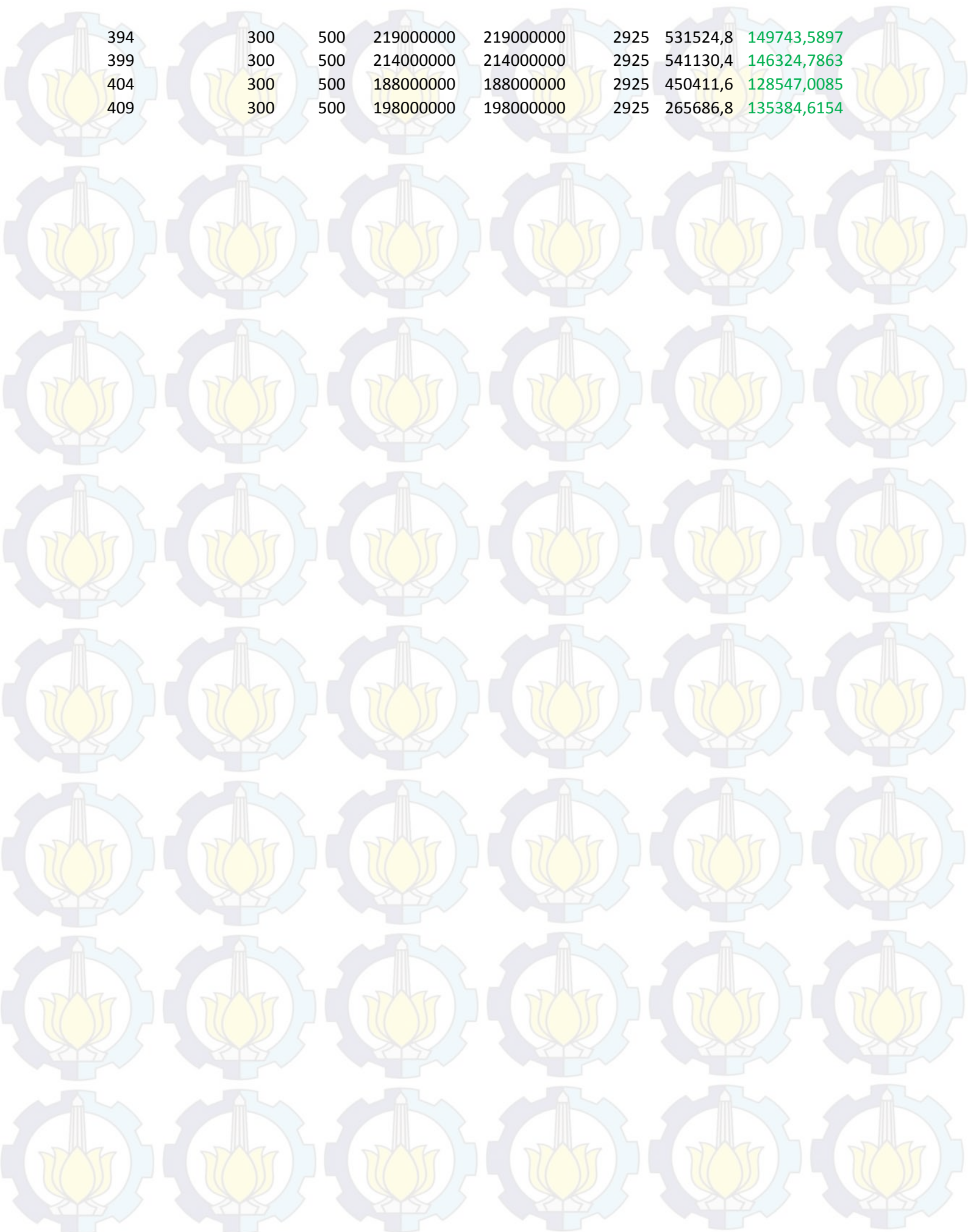


OK	NOT OK	4	235700,6	2	226,1947	54,58599
OK	NOT OK	4	91805,1	2	226,1947	140,1442
OK	NOT OK	4	118053,5	2	226,1947	108,9841
OK	NOT OK	4	117401,3	2	226,1947	109,5895
OK	NOT OK	4	117398,2	2	226,1947	109,5924
OK	NOT OK	4	117208,7	2	226,1947	109,7696
OK	NOT OK	4	118091,7	2	226,1947	108,9489
OK	NOT OK	4	118112,1	2	226,1947	108,93
OK	NOT OK	4	118131,6	2	226,1947	108,9121
OK	NOT OK	4	118307,6	2	226,1947	108,75
OK	NOT OK	4	119257,1	2	226,1947	107,8842
OK	NOT OK	4	118325,1	2	226,1947	108,734
OK	NOT OK	4	113469,8	2	226,1947	113,3866
OK	NOT OK	4	92569,93	2	226,1947	138,9863
OK	NOT OK	4	107396,1	2	226,1947	119,7991

12	50 OKE	OKE
12	115 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	110 OKE	OKE
12	115 OKE	OKE
12	115 OKE	OKE

tinggi balok (h) = 700
 tinggi sloof (h) = 450
 jumlah kaki (n) = 2

frame	elevasi	b	h	Mnt	Mnb	L	Pu	Vu
	m	mm	mm	Nmm	Nmm	mm	N	N
337 lantai1		400	500	230000000	230000000	2925	485378,3	157264,9573
342		300	500	213000000	213000000	2925	790761,8	145641,0256
347		300	500	231000000	231000000	2925	949729,4	157948,7179
352		300	500	233000000	233000000	2925	932645	159316,2393
357		300	500	232000000	232000000	2925	933678,7	158632,4786
362		300	500	230000000	230000000	2925	943321,5	157264,9573
367		300	500	231000000	231000000	2925	944693,3	157948,7179
372		300	500	234000000	234000000	2925	943118,9	160000
377		300	500	235000000	235000000	2925	942856	160683,7607
382		300	500	231000000	231000000	2925	933791,5	157948,7179
387		300	500	235000000	235000000	2925	932184,5	160683,7607
392		300	500	235000000	235000000	2925	932280,6	160683,7607
397		300	500	230000000	230000000	2925	950969,7	157264,9573
402		300	500	216000000	216000000	2925	801358,7	147692,3077
407		300	500	233000000	233000000	2925	469168,1	159316,2393
338 lantai 2		300	500	206000000	206000000	2925	379072,3	140854,7009
343		300	500	221000000	221000000	2925	614446,2	151111,1111
348		300	500	261000000	261000000	2925	745164	178461,5385
353		300	500	261000000	261000000	2925	732841,7	178461,5385
358		300	500	261000000	261000000	2925	733210,3	178461,5385
363		300	500	262000000	262000000	2925	740977,4	179145,2991
368		300	500	260000000	260000000	2925	742137,2	177777,7778
373		300	500	260000000	260000000	2925	741021,5	177777,7778
378		300	500	261000000	261000000	2925	740499,7	178461,5385
383		300	500	261000000	261000000	2925	733284,2	178461,5385
388		300	500	261000000	261000000	2925	731774,5	178461,5385
393		300	500	261000000	261000000	2925	732365,2	178461,5385
398		300	500	255000000	255000000	2925	746226	174358,9744
403		300	500	224000000	224000000	2925	621894,3	153162,3932
408		300	500	241000000	241000000	2925	367282,4	164786,3248
339 lantai 3		300	500	339000000	339000000	2925	273530,4	231794,8718
344		300	500	187000000	187000000	2925	445660,1	127863,2479
349		300	500	219000000	219000000	2925	540310,9	149743,5897
354		300	500	218000000	218000000	2925	531915,3	149059,8291
359		300	500	218000000	218000000	2925	532015,4	149059,8291
364		300	500	218000000	218000000	2925	538146,5	149059,8291
369		300	500	219000000	219000000	2925	539076,3	149743,5897
374		300	500	219000000	219000000	2925	538415	149743,5897
379		300	500	219000000	219000000	2925	537784,8	149743,5897
384		300	500	219000000	219000000	2925	532090,6	149743,5897
389		300	500	220000000	220000000	2925	530866,1	150427,3504



394
399
404
409

300
300
300
300

500
500
500
500

219000000
214000000
188000000
198000000

219000000
214000000
188000000
198000000

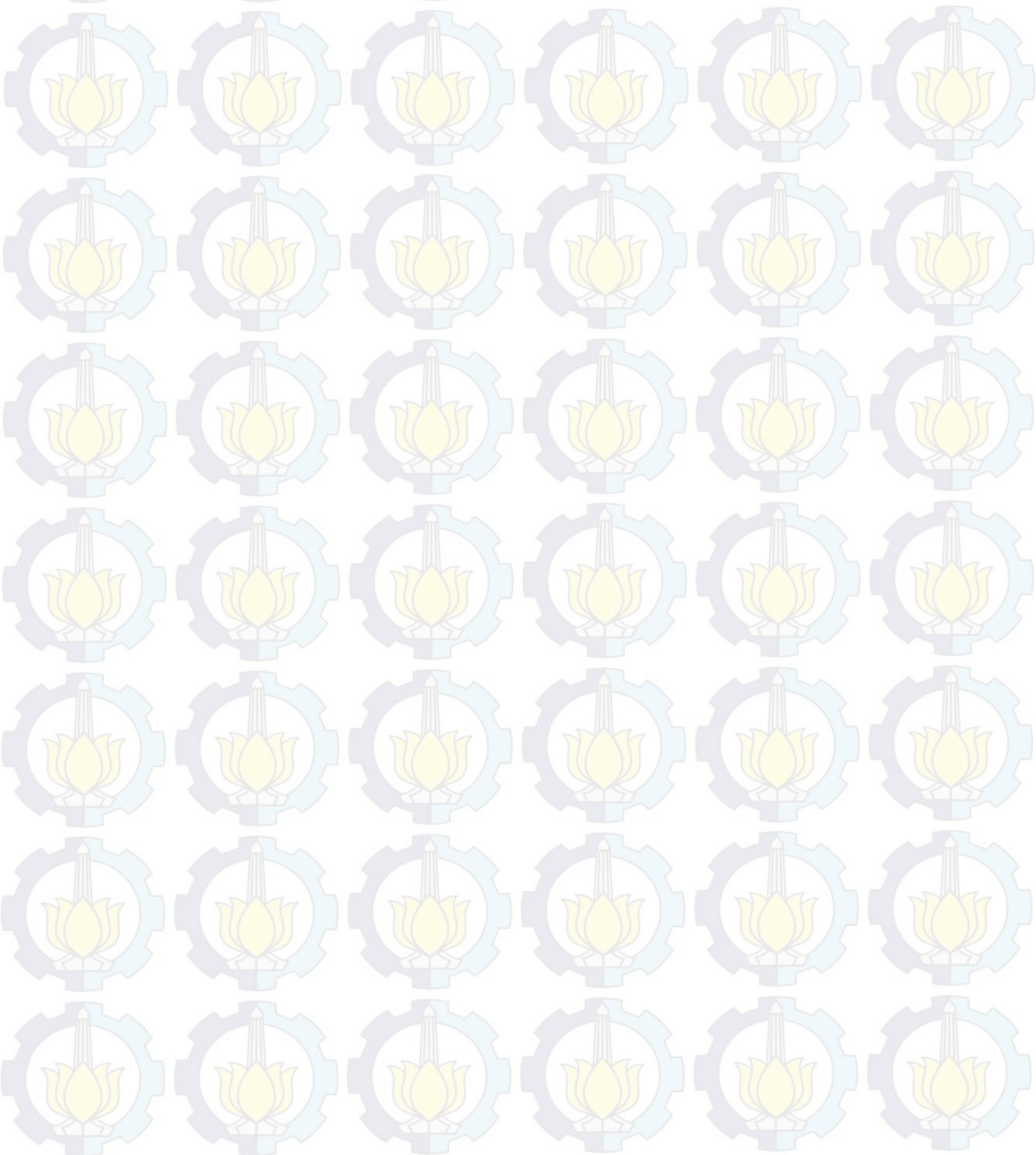
2925
2925
2925
2925

531524,8
541130,4
450411,6
265686,8

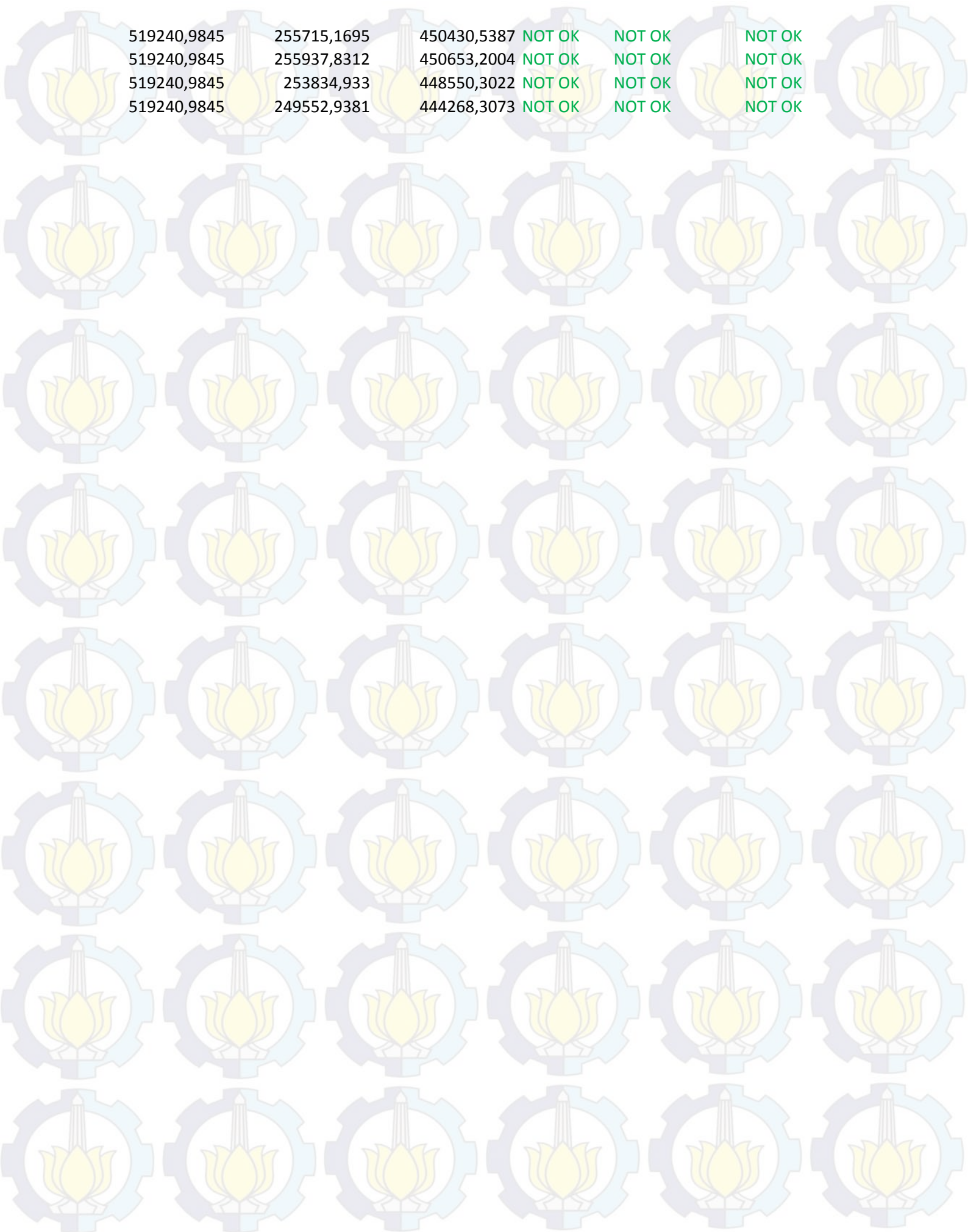
149743,5897
146324,7863
128547,0085
135384,6154

Pu/14 Ag	Vc	φ Vc	Vs min	0,5 φ Vc	φ (Vc+Vsmin)	Vs max
N/mm	N	N	N	N	N	N
0,173349	101541,849	76156,39	31600	50770,92449	99856,38674	346160,6563
0,376553	89345,35732	67009,02	23700	44672,67866	84784,01799	259620,4923
0,452252	94258,60096	70693,95	23700	47129,30048	88468,95072	259620,4923
0,444117	93730,56997	70297,93	23700	46865,28498	88072,92748	259620,4923
0,444609	93762,51874	70321,89	23700	46881,25937	88096,88906	259620,4923
0,449201	94060,55071	70545,41	23700	47030,27535	88320,41303	259620,4923
0,449854	94102,9492	70577,21	23700	47051,4746	88352,2119	259620,4923
0,449104	94054,28891	70540,72	23700	47027,14445	88315,71668	259620,4923
0,448979	94046,1634	70534,62	23700	47023,0817	88309,62255	259620,4923
0,444663	93766,00508	70324,5	23700	46883,00254	88099,50381	259620,4923
0,443897	93716,3372	70287,25	23700	46858,1686	88062,2529	259620,4923
0,443943	93719,30739	70289,48	23700	46859,65369	88064,48054	259620,4923
0,452843	94296,93516	70722,7	23700	47148,46758	88497,70137	259620,4923
0,381599	89672,87785	67254,66	23700	44836,43892	85029,65838	259620,4923
0,223413	79405,79605	59554,35	23700	39702,89802	77329,34704	259620,4923
0,180511	76621,18701	57465,89	23700	38310,5935	75240,89026	259620,4923
0,292593	83895,93555	62921,95	23700	41947,96778	80696,95167	259620,4923
0,35484	87936,05693	65952,04	23700	43968,02847	83727,0427	259620,4923
0,348972	87555,20912	65666,41	23700	43777,60456	83441,40684	259620,4923
0,349148	87566,60152	65674,95	23700	43783,30076	83449,95114	259620,4923
0,352846	87806,66084	65855	23700	43903,33042	83629,99563	259620,4923
0,353399	87842,50702	65881,88	23700	43921,25351	83656,88026	259620,4923
0,352867	87808,02385	65856,02	23700	43904,01193	83631,01789	259620,4923
0,352619	87791,89647	65843,92	23700	43895,94824	83618,92235	259620,4923
0,349183	87568,88556	65676,66	23700	43784,44278	83451,66417	259620,4923
0,348464	87522,22496	65641,67	23700	43761,11248	83416,66872	259620,4923
0,348745	87540,48184	65655,36	23700	43770,24092	83430,36138	259620,4923
0,355346	87968,88038	65976,66	23700	43984,44019	83751,66029	259620,4923
0,29614	84126,13548	63094,6	23700	42063,06774	80869,60161	259620,4923
0,174896	76256,79419	57192,6	23700	38128,3971	74967,59565	259620,4923
0,130253	73359,18224	55019,39	23700	36679,59112	72794,38668	259620,4923
0,212219	78679,22956	59009,42	23700	39339,61478	76784,42217	259620,4923
0,257291	81604,6209	61203,47	23700	40802,31045	78978,46568	259620,4923
0,253293	81345,1364	61008,85	23700	40672,5682	78783,8523	259620,4923
0,253341	81348,23021	61011,17	23700	40674,11511	78786,17266	259620,4923
0,25626	81537,72535	61153,29	23700	40768,86268	78928,29402	259620,4923
0,256703	81566,46287	61174,85	23700	40783,23144	78949,84715	259620,4923
0,256388	81546,02394	61159,52	23700	40773,01197	78934,51795	259620,4923
0,256088	81526,54622	61144,91	23700	40763,27311	78919,90966	259620,4923
0,253376	81350,55443	61012,92	23700	40675,27722	78787,91582	259620,4923
0,252793	81312,70856	60984,53	23700	40656,35428	78759,53142	259620,4923

0,253107	81333,06714	60999,8	23700	40666,53357	78774,80035	259620,4923
0,257681	81629,94935	61222,46	23700	40814,97468	78997,46201	259620,4923
0,214482	78826,08513	59119,56	23700	39413,04256	76894,56384	259620,4923
0,126518	73116,75852	54837,57	23700	36558,37926	72612,56889	259620,4923



2 Vs max	φ (Vc+Vs max)	φ (Vc+2 Vs max)	kondisi 1	kondisi 2	kondisi 3
N	N	N			
692321,3127	335776,879	595397,3713	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	261724,3872	456439,7564	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265409,3199	460124,6891	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265013,2967	459728,6659	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265037,2583	459752,6274	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265260,7822	459976,1514	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265292,5811	460007,9503	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265256,0859	459971,4551	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265249,9917	459965,3609	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265039,873	459755,2422	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265002,6221	459717,9913	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265004,8497	459720,2189	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	265438,0706	460153,4398	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	261970,0276	456685,3968	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	254269,7162	448985,0854	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	252181,2594	446896,6286	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	257637,3209	452352,6901	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260667,4119	455382,7811	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260381,776	455097,1452	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260390,3203	455105,6895	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260570,3648	455285,734	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260597,2495	455312,6186	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260571,3871	455286,7563	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260559,2915	455274,6607	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260392,0334	455107,4026	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260357,0379	455072,4071	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260370,7306	455086,0998	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	260692,0295	455407,3987	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	257809,9708	452525,34	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	251907,9648	446623,334	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	249734,7559	444450,1251	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	253724,7914	448440,1606	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255918,8349	450634,2041	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255724,2215	450439,5907	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255726,5419	450441,911	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255868,6632	450584,0324	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255890,2163	450605,5855	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255874,8871	450590,2563	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255860,2789	450575,6481	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255728,285	450443,6542	NOT OK	NOT OK	NOT OK
519240,9845	255699,9006	450415,2698	NOT OK	NOT OK	NOT OK



519240,9845

255715,1695

450430,5387

NOT OK

NOT OK

NOT OK

519240,9845

255937,8312

450653,2004

NOT OK

NOT OK

NOT OK

519240,9845

253834,933

448550,3022

NOT OK

NOT OK

NOT OK

519240,9845

249552,9381

444268,3073

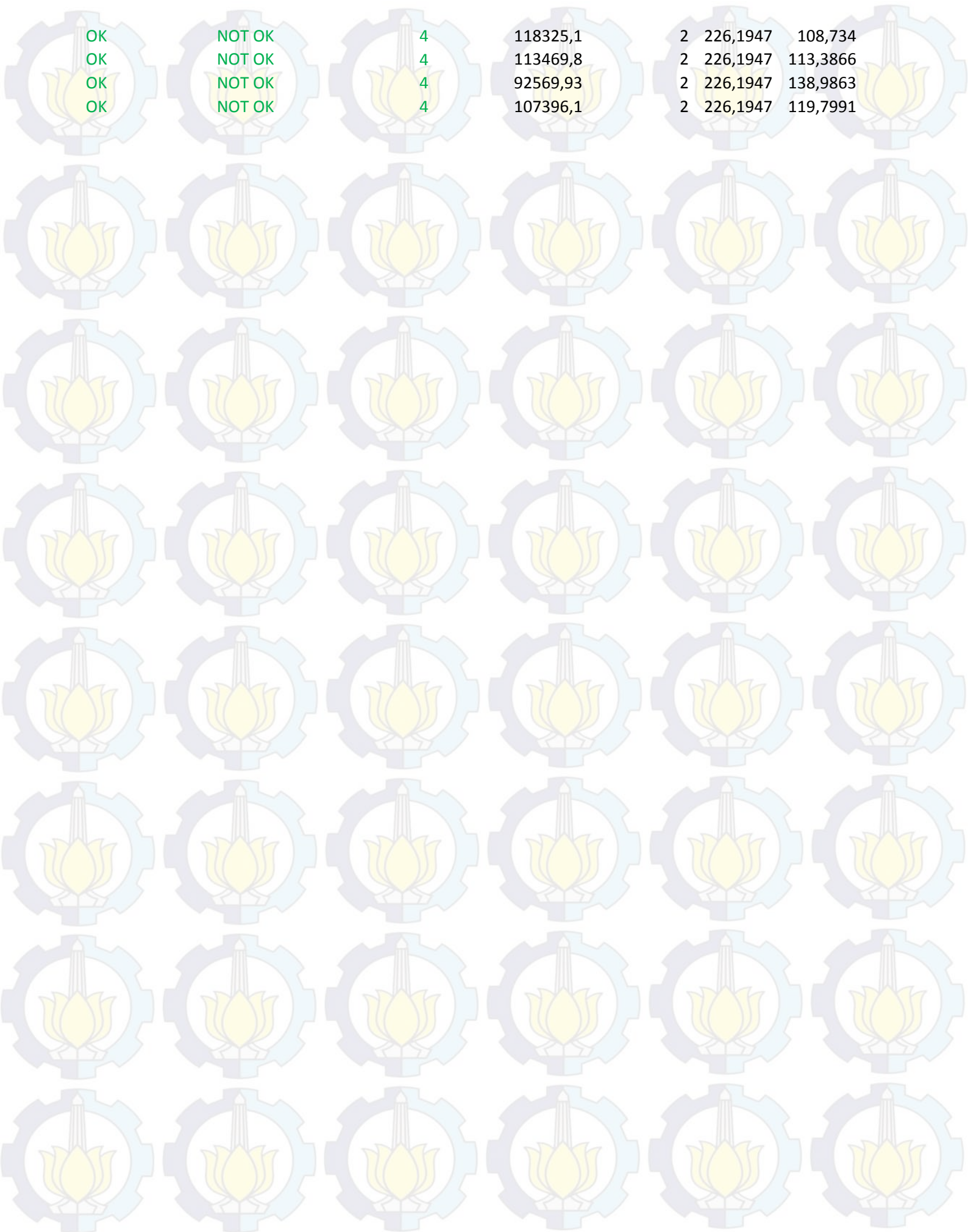
NOT OK

NOT OK

NOT OK

kondisi 4	kondisi 5	KONTROL KONDISI	Vs perlu	kaki rencana	Av	S perlu
			N			

OK	NOT OK	4	108144,8	2	226,1947	118,9697
OK	NOT OK	4	104842,7	2	226,1947	122,7168
OK	NOT OK	4	116339,7	2	226,1947	110,5895
OK	NOT OK	4	118691,1	2	226,1947	108,3986
OK	NOT OK	4	117747,5	2	226,1947	109,2674
OK	NOT OK	4	115626,1	2	226,1947	111,2721
OK	NOT OK	4	116495,3	2	226,1947	110,4418
OK	NOT OK	4	119279	2	226,1947	107,8643
OK	NOT OK	4	120198,9	2	226,1947	107,0389
OK	NOT OK	4	116832,3	2	226,1947	110,1233
OK	NOT OK	4	120528,7	2	226,1947	106,746
OK	NOT OK	4	120525,7	2	226,1947	106,7486
OK	NOT OK	4	115389,7	2	226,1947	111,5
OK	NOT OK	4	107250,2	2	226,1947	119,962
OK	NOT OK	4	133015,9	2	226,1947	96,72496
OK	NOT OK	4	111185,1	2	226,1947	115,7165
OK	NOT OK	4	117585,5	2	226,1947	109,4178
OK	NOT OK	4	150012,7	2	226,1947	85,76578
OK	NOT OK	4	150393,5	2	226,1947	85,54859
OK	NOT OK	4	150382,1	2	226,1947	85,55507
OK	NOT OK	4	151053,7	2	226,1947	85,17467
OK	NOT OK	4	149194,5	2	226,1947	86,23609
OK	NOT OK	4	149229	2	226,1947	86,21616
OK	NOT OK	4	150156,8	2	226,1947	85,68344
OK	NOT OK	4	150379,8	2	226,1947	85,55637
OK	NOT OK	4	150426,5	2	226,1947	85,52983
OK	NOT OK	4	150408,2	2	226,1947	85,54022
OK	NOT OK	4	144509,8	2	226,1947	89,03173
OK	NOT OK	4	120090,4	2	226,1947	107,1356
OK	NOT OK	4	143458,3	2	226,1947	89,68427
OK	NOT OK	4	235700,6	2	226,1947	54,58599
OK	NOT OK	4	91805,1	2	226,1947	140,1442
OK	NOT OK	4	118053,5	2	226,1947	108,9841
OK	NOT OK	4	117401,3	2	226,1947	109,5895
OK	NOT OK	4	117398,2	2	226,1947	109,5924
OK	NOT OK	4	117208,7	2	226,1947	109,7696
OK	NOT OK	4	118091,7	2	226,1947	108,9489
OK	NOT OK	4	118112,1	2	226,1947	108,93
OK	NOT OK	4	118131,6	2	226,1947	108,9121
OK	NOT OK	4	118307,6	2	226,1947	108,75
OK	NOT OK	4	119257,1	2	226,1947	107,8842



OK
OK
OK
OK

NOT OK
NOT OK
NOT OK
NOT OK

4
4
4
4

118325,1
113469,8
92569,93
107396,1

2	226,1947	108,734
2	226,1947	113,3866
2	226,1947	138,9863
2	226,1947	119,7991

D	S	KONTROL	
		Sperlu<d/2	Sperlu<600

$$S_{perlu} < d/2$$

Sperlu<600

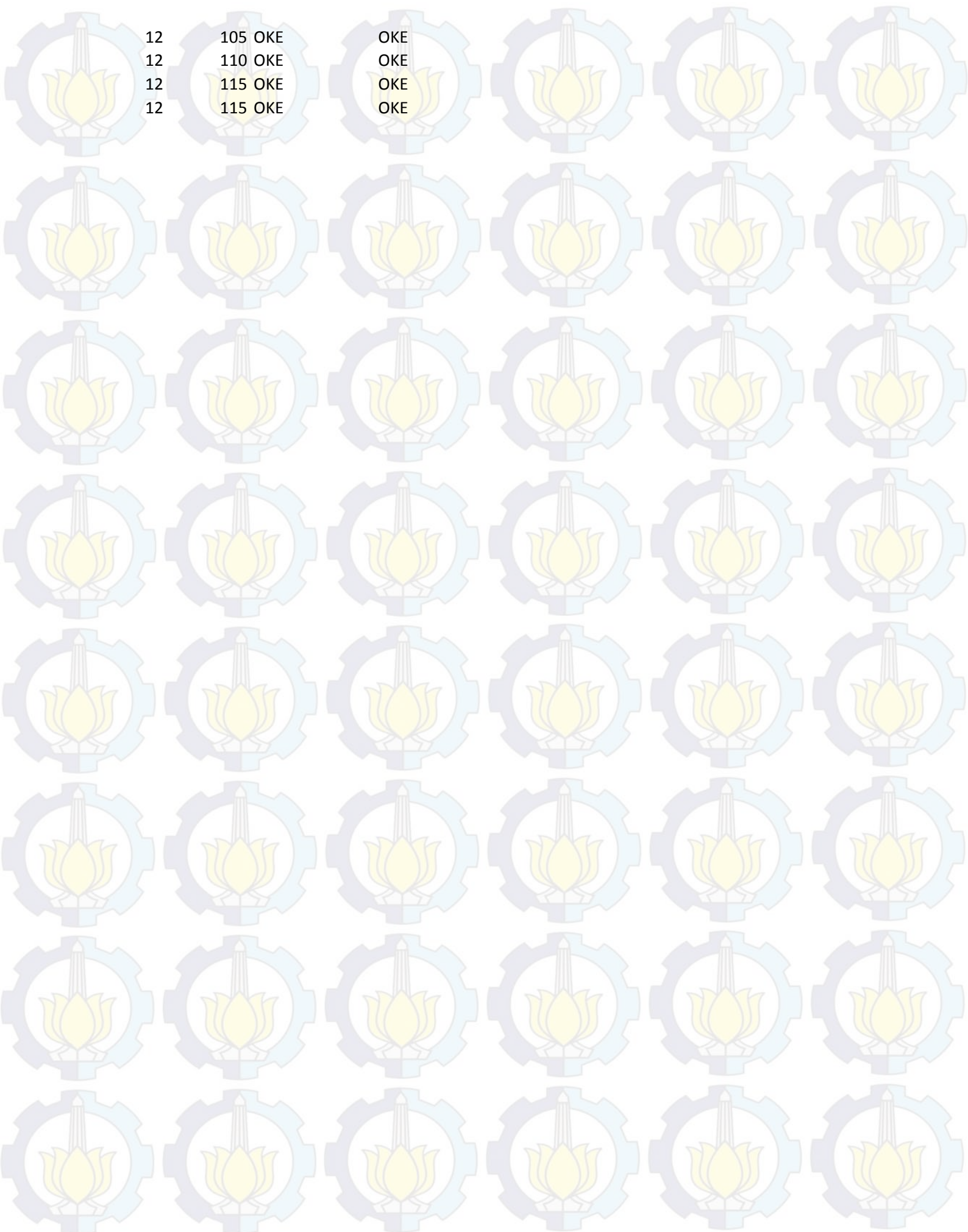
118,5

600

[illegible]

12	115 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE
12	105 OKE	OKE
12	85 OKE	OKE

[illegible]



12
12
12
12

105 OKE
110 OKE
115 OKE
115 OKE

OKE
OKE
OKE
OKE

DATA UMUM

tinggi kolom pendek	=	700 mm
Tinggi kolom lantai 1	=	3500 mm
Tinggi kolom lantai 2 sampai 4	=	3000 mm
b kolom	=	300 mm
h kolom	=	500 mm
kuat tekan beton (fc')	=	30 Mpa
Modulus elastisitas baja (Es)	=	200000 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (fy lentur)	=	400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (fy geser)	=	240 MPa
Diameter tulangan lentur (Ø lentur)	=	22 mm
Diameter tulangan geser (Ø geser)	=	12 mm
Tebal selimut beton (<i>decking</i>)	=	40 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	=	40 mm
β1	=	0,85
faktor reduksi kekuatan lentur (φ)	=	0,8
faktor reduksi kekuatan geser (φ)	=	0,75
jumlah kolom dalam 1 lantai (n)	=	12
bentang balok b1	=	3000 mm
bentang balok b2	=	4500 mm
bentang balok b3	=	5400 mm
bentang balok b4	=	8400 mm

frame	elevasi	AS	d	d'	d''	Gaya aksial		momen akibat beban mati terfaktor 1,2D							
						1,2D	1,2D+1,6L	x				y			
						N	N	M1ns	M2ns	M1ns	M2ns	M1ns	M2ns	M1ns	M2ns
-	m		mm	mm	mm			kgm	kgm	Nmm	Nmm	kgm	kgm	Nmm	Nmm
337	lantai 1	AS-1 A	237	63	87	485378,3	554283,2	601,88	823,39	6018800	8233900	1979,21	2027,97	19792100	20279700
342		AS-1 B	237	63	87	790761,8	947031,2	297,82	1084,65	2978200	10846500	1694,55	3477,7	16945500	34777000
347		AS-1 C	237	63	87	949729,4	1166226	85,17	117,24	851700	1172400	1316,77	3146,36	13167700	31463600
352		AS-1 D	237	63	87	932645	1143436	130,47	139	1304700	1390000	1310,74	3171,28	13107400	31712800
357		AS-1 E	237	63	87	933678,7	1144583	116,5	124,26	1165000	1242600	1327,12	3192,47	13271200	31924700
362		AS-1 F	237	63	87	943321,5	1157028	111,47	124,12	1114700	1241200	1337,69	3260,63	13376900	32606300
367		AS-1 G	237	63	87	944693,3	1158658	103	109,52	1030000	1095200	1361,39	3282,15	13613900	32821500
372		AS-1 H	237	63	87	943118,9	1156086	98,03	107,76	980300	1077600	1360,4	3299,29	13604000	32992900
377		AS-1 I	237	63	87	942856	1156250	91,8	92,66	918000	926600	1376,02	3306,81	13760200	33068100
382		AS-1 J	237	63	87	933791,5	1144546	82,71	89,97	827100	899700	1366,02	3230,83	13660200	32308300
387		AS-1 K	237	63	87	932184,5	1142714	74,22	83,09	742200	830900	2114,78	3496,41	21147800	34964100
392		AS-1 L	237	63	87	932280,6	1142856	56,82	65,45	568200	654500	2094,65	3475,35	20946500	34753500
397		AS-1 M	237	63	87	950969,7	1168126	67,78	119,3	677800	1193000	1344,3	3162,03	13443000	31620300
402		AS-1 N	237	63	87	801358,7	965130,4	59,6	842,35	596000	8423500	1691,19	3542,08	16911900	35420800
407		AS-1 O	237	63	87	469168,1	526658,2	382,03	655,2	3820300	6552000	1883,91	2044,08	18839100	20440800
338	lantai 2	AS-1 A	237	63	87	379072,3	433059,3	475,82	1056,75	4758200	10567500	2018,33	3379	20183300	33790000
343		AS-1 B	237	63	87	614446,2	734417	762,39	1426,27	7623900	14262700	3404,54	4241,19	34045400	42411900
348		AS-1 C	237	63	87	745164	913281,6	1,01	15,82	10100	158200	4806,45	5201,04	48064500	52010400
353		AS-1 D	237	63	87	732841,7	897178,6	107,26	107,26	1072600	1072600	4816,66	5221,07	48166600	52210700
358		AS-1 E	237	63	87	740977,4	897433,7	109,63	111,75	1096300	1117500	4811	5216,56	48110000	52165600
363		AS-1 F	237	63	87	740977,4	907333	126,22	126,99	1262200	1269900	4895,5	5328,03	48955000	53280300
368		AS-1 G	237	63	87	742137,2	908661,5	116,87	117,8	1168700	1178000	4903,5	5334,45	49035000	53344500
373		AS-1 H	237	63	87	741021,5	906867,1	128,51	130,98	1285100	1309800	4875,77	5290,65	48757700	52906500
378		AS-1 I	237	63	87	740499,7	906536,8	123,08	123,7	1230800	1237000	4883,45	5299,54	48834500	52995400
383		AS-1 J	237	63	87	733284,2	897345,4	138,15	141,41	1381500	1414100	4802,96	5185,79	48029600	51857900
388		AS-1 K	237	63	87	731774,5	895626,3	145,85	149,5	1458500	1495000	4762,92	5046,52	47629200	50465200
393		AS-1 L	237	63	87	732365,2	896472,6	146,05	146,15	1460500	1461500	4773,52	5064,65	47735200	50646500
398		AS-1 M	237	63	87	746226	914912,5	239,27	255,53	2392700	2555300	4811,46	5192,87	48114600	51928700
403		AS-1 N	237	63	87	621894,3	747164,8	484,95	1129,23	4849500	11292300	3509,49	4205,03	35094900	42050300
408		AS-1 O	237	63	87	367282,4	412919,2	272,89	853,66	2728900	8536600	2025,98	3289,52	20259800	32895200
339	LANTAI 3	AS-1 A	237	63	87	273530,4	311403,3	668,48	1210,89	6684800	12108900	2151,39	3473,78	21513900	34737800
344		AS-1 B	237	63	87	445660,1	530535,6	935,75	1574,86	9357500	15748600	3537,93	4237,76	35379300	42377600
349		AS-1 C	237	63	87	540310,9	659010	46,52	51,15	465200	511500	4671,02	4787,97	46710200	47879700
354		AS-1 D	237	63	87	531915,3	648362,3	106,77	107,87	1067700	1078700	4676,64	4798,04	46766400	47980400
359		AS-1 E	237	63	87	532015,4	648282,8	118,57	119,44	1185700	1194400	4661,61	4784,61	46616100	47846100
364		AS-1 F	237	63	87	538146,5	655989,3	127,77	128,89	1277700	1288900	4711,93	4839,86	47119300	48398600
369		AS-1 G	237	63	87	539076,3	657033,7	118,22	118,34	1182200	1183400	4721,16	4852,28	47211600	48522800
374		AS-1 H	237	63	87	538415	655996,3	123,91	124,16	1239100	1241600	4710,09	4841,98	47100900	48419800
379		AS-1 I	237	63	87	537784,8	655388,3	116,68	117,7	1166800	1177000	4709,51	4836,03	47095100	48360300
384		AS-1 J	237	63	87	532090,6	648244,9	129,29	129,67	1292900	1296700	4658,01	4778,84	46580100	47788400
389		AS-1 K	237	63	87	530866,1	648424,3	134,57	135,4	1345700	1354000	4688,55	4792,93	46885500	47929300
394		AS-1 L	237	63	87	531524,8	647772	139,91	141,22	1399100	1412200	4699,86	4803,42	46998600	48034200
399		AS-1 M	237	63	87	541130,4	660272,4	205,68	209,74	2056800	2097400	4678,12	4792,39	46781200	47923900
404		AS-1 N	237	63	87	450411,6	538687,8	669,9	1283,04	6699000	12830400	3641,52	4186,33	36415200	41863300
409		AS-1 O	237	63	87	265686,8	297985,8	484,81	1016,92	4848100	10169200	2161,28	3395,74	21612800	33957400

momen akibat gempa terbesar								Faktor					
x				y				βd	cek βd≤1	untuk kolom			
M1s	M2s	M1s	M2s	M1s	M2s	M1s	M2s			Ec	Ig	Ik	Eik
kgm	kgm	Nmm	Nmm	kgm	kgm	Nmm	Nmm	-	-	N/mm ²	mm ⁴	mm ⁴	Nmm ²
5772,23	6441,97	57722300	64419700	4771,56	8565,17	47715600	85651700	0,236769381	0,236769	25742,96	3125000000	2187500000	1,82128E+13
6567,69	7548,47	65676900	75484700	5218,69	8977,95	52186900	89779500	0,387360143	0,38736	25742,96	3125000000	2187500000	1,62359E+13
4863,14	5447,57	48631400	54475700	4953,04	9310,81	49530400	93108100	0,337925487	0,337925	25742,96	3125000000	2187500000	1,68358E+13
4950,33	5533,04	49503300	55330400	5059,59	9450,39	50595900	94503900	0,335571336	0,335571	25742,96	3125000000	2187500000	1,68655E+13
4977,81	5545,15	49778100	55451500	5126,02	9547,34	51260200	95473400	0,334383189	0,334383	25742,96	3125000000	2187500000	1,68805E+13
4988,42	5552,11	49884200	55521100	5174,7	9652,97	51747000	96529700	0,337785158	0,337785	25742,96	3125000000	2187500000	1,68376E+13
4985,08	5539,07	49850800	55390700	5167,45	9696,62	51674500	96966200	0,338483925	0,338484	25742,96	3125000000	2187500000	1,68288E+13
4979,2	5537,18	49792000	55371800	5227,3	9749,96	52273000	97499600	0,338390106	0,33839	25742,96	3125000000	2187500000	1,683E+13
4967,88	5513,68	49678800	55136800	5241,63	9802,66	52416300	98026600	0,337338029	0,337338	25742,96	3125000000	2187500000	1,68432E+13
4951,19	5509,98	49511900	55099800	9745,68	1996,24	97456800	19962400	0,331514066	0,331514	25742,96	3125000000	2187500000	1,69169E+13
4920,61	5486,79	49206100	54867900	4679,8	9987,64	46798000	99876400	0,350073691	0,350074	25742,96	3125000000	2187500000	1,66843E+13
4856,98	5436,37	48569800	54363700	4666,55	9932,99	46665500	99329900	0,349879543	0,34988	25742,96	3125000000	2187500000	1,66867E+13
4806,74	5494,74	48067400	54947400	5181,18	9552,67	51811800	95526700	0,331010074	0,33101	25742,96	3125000000	2187500000	1,69233E+13
6357,06	7238,25	63570600	72382500	5550,83	9306,84	55508300	93068400	0,3805889	0,380589	25742,96	3125000000	2187500000	1,63156E+13
5462,79	6109,03	54627900	61090300	5151,09	8733,39	51510900	87333900	0,234053443	0,234053	25742,96	3125000000	2187500000	1,82529E+13
3870,99	4745,93	38709900	47459300	1619,95	6752,64	16199500	67526400	0,500396882	0,500397	25742,96	3125000000	2187500000	1,50128E+13
5615,22	6553,07	56152200	65530700	3623,23	8345,86	36232300	83458600	0,508178905	0,508179	25742,96	3125000000	2187500000	1,49353E+13
4088,2	4237,54	40882000	42375400	5523,25	9809,46	55232500	98094600	0,530206556	0,530207	25742,96	3125000000	2187500000	1,47203E+13
4132,45	4247,55	41324500	42475500	5509,38	9934,87	55093800	99348700	0,525529775	0,52553	25742,96	3125000000	2187500000	1,47654E+13
4137,94	4261,26	41379400	42612600	5509,16	9969,22	55091600	99692200	0,523266615	0,523267	25742,96	3125000000	2187500000	1,47874E+13
4150,8	4272,53	41508000	42725300	5687,72	10039,58	56877200	100395800	0,53070248	0,530702	25742,96	3125000000	2187500000	1,47155E+13
4139,26	4262,45	41392600	42624500	5717,9	10048,09	57179000	100480900	0,530891941	0,530892	25742,96	3125000000	2187500000	1,47137E+13
4156,76	4275,71	41567600	42757100	5653,21	10011,2	56532100	100112000	0,52847311	0,528473	25742,96	3125000000	2187500000	1,4737E+13
4141,37	4263,41	41413700	42634100	5646,57	10091,39	56465700	100913900	0,525154612	0,525155	25742,96	3125000000	2187500000	1,47691E+13
4169,42	4286,57	41694200	42865700	5451,51	10084,87	54515100	100848700	0,514214858	0,514215	25742,96	3125000000	2187500000	1,48758E+13
4175,67	4292,47	41756700	42924700	5288,25	10064,56	52882500	100645600	0,501414866	0,501415	25742,96	3125000000	2187500000	1,50026E+13
4167,48	4404,26	41674800	44042600	5302,01	10052,18	53020100	100521800	0,503835984	0,503836	25742,96	3125000000	2187500000	1,49784E+13
4009,03	4404,26	40090300	44042600	5465,6	9994,82	54656000	99948200	0,51955613	0,519556	25742,96	3125000000	2187500000	1,48235E+13
4319,6	6151,12	43196000	61511200	3507,26	8461,78	35072600	84617800	0,496943905	0,496944	25742,96	3125000000	2187500000	1,50474E+13
3149,84	4446,21	31498400	44462100	1656,05	6651,03	16560500	66510300	0,494588056	0,494588	25742,96	3125000000	2187500000	1,50711E+13
3367,99	4173,11	33679900	41731100	1993,36	6263,25	19933600	62632500	0,554628987	0,554629	25742,96	3125000000	2187500000	1,4489E+13
4895,66	5795,21	48956600	57952100	2576,59	8021,37	25765900	80213700	0,528308755	0,528309	25742,96	3125000000	2187500000	1,47386E+13
3529,75	3635,34	35297500	36353400	4963,34	9186,65	49633400	91866500	0,521187811	0,521188	25742,96	3125000000	2187500000	1,48076E+13
3484,31	3574,32	34843100	35743200	4949,36	9271,64	49493600	92716400	0,517496365	0,517496	25742,96	3125000000	2187500000	1,48436E+13
3505,14	3597,54	35051400	35975400	4929,18	9302,89	49291800	93028900	0,514314369	0,514314	25742,96	3125000000	2187500000	1,48748E+13
3512,5	3605,19	35125000	36051900	4998,3	9406,32	49983000	94063200	0,514532782	0,514533	25742,96	3125000000	2187500000	1,48726E+13
3500,37	3591,92	35003700	35919200	5020,86	9445,57	50208600	94455700	0,5137709601	0,513771	25742,96	3125000000	2187500000	1,48807E+13
3507,39	3599,11	35073900	35991100	5006,27	9451,9	50062700	94519000	0,512275839	0,512276	25742,96	3125000000	2187500000	1,48948E+13
3495,2	3585,3	34952000	35853000	4985,63	9464,07	49856300	94640700	0,510988401	0,510988	25742,96	3125000000	2187500000	1,49075E+13
3513,41	3604,3	35134100	36043000	4904,99	9397,38	49049900	93973800	0,508528973	0,508529	25742,96	3125000000	2187500000	1,49318E+13
3517,25	3607,5	35172500	36075000	4930,64	9407,11	49306400	94071100	0,509500792	0,509501	25742,96	3125000000	2187500000	1,49222E+13
3514,1	3606,91	35141000	36069100	4936,33	9404,11	49363300	94041100	0,510778798	0,510779	25742,96	3125000000	2187500000	1,49096E+13
3732,34	3826,91	37323400	38269100	4928,29	9345,76	49282900	93457600	0,512787617	0,512788	25742,96	3125000000	2187500000	1,48898E+13
2846,65	5392,42	28466500	53924200	3569,51	8107,18	35695100	81071800	0,516373141	0,516373	25742,96	3125000000	2187500000	1,48546E+13
2265,21	3884,69	22652100	38846900	2149,94	6246,88	21499400	62468800	0,54358976	0,54359	25742,96	3125000000	2187500000	1,45927E+13

untuk balok induk						untuk sloop						
b	h	Ec	Ig	Ib	Eib	b	h	Ec	Ig	Is	Eis	
mm	mm	N/mm ²	mm ⁴	mm ⁴	Nmm ²	mm	mm	N/mm ²	mm ⁴	mm ⁴	Nmm ²	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,4988E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,53215E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,22757E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	4,93167E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,30988E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11388E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31395E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,1229E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31601E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,12746E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31012E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11442E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,30891E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11175E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,30907E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11211E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31089E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11613E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,321E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,13851E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,28909E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,06787E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,28942E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,0686E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,32188E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,14045E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,2385E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	4,95585E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,5043E+13	250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,54433E+12	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,05975E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04912E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,01962E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02582E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02883E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,01897E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,01872E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02191E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02631E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04095E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,05835E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,05504E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,03378E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,0645E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,06776E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	1,9879E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02213E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,0316E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,03654E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04082E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04053E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04163E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04357E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04531E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04865E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04733E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,0456E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04288E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,03805E+13	-	-	-	-	-	-	
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,00211E+13	-	-	-	-	-	-	

kolom atas (U_a)	kolom bawah(U_b)	k	r	kontrol kelangsingan kolom		faktor pembesaran momen										M terbesar arah X	M terbesar arah Y
				$k\lambda_u / r$	cek	Pc	Σ Pc	Σ Pu	δ_s	cek $\delta_s > 1$	Arah X		Arah Y				
											M1	M2	M1	M2			
-	-	-	mm	-		N	N	N	-	-	Nmm	Nmm	Nmm	Nmm	Nmm	Nmm	
1,353602666	16,93122	2,1	144,3376	50,92229	KOLOM LANGSING	3327384	39928604,03	5824539,6	1,241462586	1,241463	77678876	88208547	79029232	126613081	88208547,4	1,27E+08	
0,812161599	10,15873	1,85	144,3376	38,45153	KOLOM LANGSING	3822060	45864722,53	9489141,6	1,380946209	1,380946	93674466	1,15E+08	89012802	158757660	115086810	1,59E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	39,6986	KOLOM LANGSING	3718190	44618275,39	11396753	1,516462441	1,516462	74599392	83782753	88278691	172658537	83782753	1,73E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	39,6986	KOLOM LANGSING	3724743	44696921,98	11191740	1,501176137	1,501176	75617873	84450676	89060758	173579800	84450676,1	1,74E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	39,6986	KOLOM LANGSING	3728060	44736720,52	11204144	1,50133998	1,50134	75898852	84494154	90230188	175262732	84494153,9	1,75E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3718580	44622955,67	11319858	1,511115485	1,511115	76495487	85139994	91572593	178473824	85139993,9	1,78E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3716638	44599659,87	11336320	1,512644217	1,512644	76436524	84881622	91779034	179496862	84881622	1,79E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3716899	44602786,24	11317427	1,51129881	1,511299	76230890	84760935	92604123	180343929	84760935,5	1,8E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3719823	44637875,05	11314272	1,510476604	1,510477	75956665	84209446	92933795	181134986	84209446,4	1,81E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3736093	44833118,44	11205498	1,499813892	1,499814	75085735	83539145	1,6E+08	62248184,8	83539145,5	1,6E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3684733	44216792,17	11186214	1,509010762	1,509011	74994734	83627152	91766486	185678662	83627151,6	1,86E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3685263	44223151,71	11187367	1,508979479	1,508979	73859031	82688208	91363782	184640281	82688207,7	1,85E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3737508	44850094,68	11411636	1,513437864	1,513438	73424823	84352476	91856940	176194025	84352475,7	1,76E+08	
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3603289	43239466,73	9616304,4	1,42152193	1,421522	90963002	1,11E+08	95818166	167719572	111316811	1,68E+08	
1,353602666	16,93122	2,1	144,3376	50,92229	KOLOM LANGSING	3334707	40016479,97	5630017,2	1,230905506	1,230906	71062083	81748387	82244150	127940578	81748386,6	1,28E+08	
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	6171177	74054118,51	4548867,6	1,089207963	1,089208	46921331	62260547	37827924	107340293	62260547,5	1,07E+08	
0,74968763	0,812162	1,25	144,3376	30,31089	KOLOM LANGSING	7701181	92414166,93	7373354,4	1,119045517	1,119046	70460768	87594536	74590993	135805872	87594536	1,36E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7017678	84212135,04	8941968	1,164928823	1,164929	47634720	49522525	1,12E+08	166283627	49522524,9	1,66E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7039192	84470302,17	8794100,4	1,161186251	1,161186	49058041	50394567	1,12E+08	167573044	50394566,6	1,68E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7049650	84595802,12	8891728,8	1,162986139	1,162986	49219969	50675363	1,12E+08	168106247	50675363,1	1,68E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7015404	84184851,61	8891728,8	1,163912171	1,163912	49573866	50998397	1,15E+08	170132194	50998396,7	1,7E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7014536	84174433,01	8905646,4	1,164234525	1,164235	49359394	50802915	1,16E+08	170327833	50802914,5	1,7E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7025637	84307640,25	8892258	1,163645713	1,163646	49655060	51063916	1,15E+08	169401400	51063916,1	1,69E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7040923	84491080,51	8885996,4	1,163098733	1,163099	49399022	50824668	1,15E+08	170368229	50824667,7	1,7E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7091792	85101503,52	8799410,4	1,1599116	1,159912	49743086	51134523	1,11E+08	168833477	51134522,7	1,69E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7152252	85827018,27	8781294	1,157968281	1,157968	49811434	51200441	1,09E+08	167009612	51200441,1	1,67E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7140737	85688840,07	8788382,4	1,158411319	1,158411	49737060	52480946	1,09E+08	167092091	52480946,4	1,67E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7066864	84802369,95	8954712	1,163864462	1,163864	49052375	53814917	1,12E+08	168254858	53814917	1,68E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7173613	86083360	7462731,6	1,130693609	1,130696	53691058	80842787	74751359	137727334	80842786,8	1,38E+08	
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	6195161	74341935,25	4407388,8	1,085831923	1,085832	36930868	56814968	38241720	105114207	56814967,6	1,05E+08	
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	5955900	71470794,3	3282364,8	1,065228878	1,065229	42561602	56562073	42747746	101455748	56562072,8	1,01E+08	
0,74968763	0,812162	1,25	144,3376	30,31089	KOLOM LANGSING	7599746	91196950	5347921,2	1,084820601	1,084821	62466628	78616232	63330679	129395074	78616232	1,29E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7059284	84711407,89	6483730,8	1,113650319	1,11365	39774722	40996475	1,02E+08	150186857	40996475,5	1,5E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7076456	84917475,95	6382983,6	1,111385915	1,111386	39791831	40803189	1,02E+08	151024101	40803189	1,51E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7091326	85095911,22	6384184,8	1,111149635	1,11115	40133050	41168453	1,01E+08	151215128	41168452,6	1,51E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7090303	85083639,4	6457758	1,11259282	1,112593	40357523	41399985	1,03E+08	153052641	41399985,1	1,53E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7094159	85129909,32	6468915,6	1,112741075	1,112741	40132255	41152169	1,03E+08	153627537	41152169,2	1,54E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7100885	85210619,52	6460980	1,112468566	1,112469	40257711	41280567	1,03E+08	153569216	41280567,4	1,54E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7106935	85283223,21	6453417,6	1,112215786	1,112216	40040966	41053273	1,03E+08	153621181	41053272,6	1,54E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7118522	85422264,61	6385087,2	1,110695368	1,110695	40316182	41329493	1,01E+08	152164664	41329493,2	1,52E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7113939	85367269,6	6370393,2	1,110491487	1,110491	40404462	41412940	1,02E+08	152394456	41412940,4	1,52E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7107921	85295055,3	6378297,6	1,110747804	1,110748	40431889	41475874	1,02E+08	152490145	41475873,6	1,52E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7098483	85181792,64	6493564,8	1,113142539	1,113143	43603064	44696363	1,02E+08	151955530	44696363,1	1,52E+08	
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7081698	84980376,95	5404939,2	1,09266085	1,092660	37803230	71751262	75417838	130447282	71751262,2	1,3E+08	
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	5998494	71981929	3188241,6	1,062762879	1,062763	28921911	51454243	44461564	100346922	51454243,3	1E+08	

Input PCACOL				Penulangan Kolom							
Mx	My	Pn	KONTROL	luas tulangan	n	As pasang	Tulangan Pasang			Smax	Smax > S sejajar
kn-m	kn-m	kn		mm ²	buah	mm ²	n	D	tiap sisi	mm	
99,968	132,917	692,854	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
130,300	154,976	1183,789	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,263	176,494	1457,783	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,826	177,334	1429,294	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,064	179,173	1430,729	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,873	182,334	1446,285	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,733	183,344	1448,323	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,604	184,189	1445,108	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,104	185,084	1445,313	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,299	182,709	1430,683	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,495	188,393	1428,393	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
102,542	187,358	1428,570	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,949	180,717	1460,157	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
128,617	165,373	1206,413	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
93,995	134,375	658,323	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
64,616	91,938	541,324	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
91,665	116,742	918,021	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,705	142,842	1141,602	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,652	144,203	1121,473	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,947	144,926	1121,792	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,161	146,065	1134,166	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,031	146,229	1135,827	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,193	145,619	1133,584	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,985	146,716	1133,171	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,151	146,219	1121,682	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,132	145,681	1119,533	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
63,774	145,557	1120,591	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
64,075	145,408	1143,641	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
86,938	119,596	933,956	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
60,348	90,274	516,149	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
55,566	83,397	389,254	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
78,585	108,772	663,170	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,606	127,884	823,763	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,656	128,805	810,453	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,968	129,211	810,354	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,139	130,818	819,987	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,961	131,381	821,292	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,049	131,437	819,995	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,845	131,576	819,235	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,041	130,470	810,306	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,076	130,581	808,533	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,080	130,570	809,715	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
53,249	130,040	825,341	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
73,651	110,730	673,360	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
51,606	82,987	372,482	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis

kondisi balanced														
% tulangan	d	d'	d''	e min	xb	ab	Cs'	Cc'	T	Pb	Mb	eb	e perlu	cek
%	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N	N	N	N	Nmm	mm	mm	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	228,4267	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	167,6372	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	148,0489	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	151,8055	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	153,1236	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	154,2519	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	154,9179	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	155,9953	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	156,6573	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	139,6425	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	162,4892	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	161,5604	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	150,8348	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	173,7792	tekan menentukan
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	242,9291	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	143,7691	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	119,2708	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	54,22481	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,17005	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,46697	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,20692	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	55,90961	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,30805	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,06465	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,98421	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	57,16719	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	58,54161	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	58,81974	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	108,1994	tekan menentukan
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	137,5934	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	181,6361	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	148,1828	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,20919	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,9327	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	63,50385	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	63,11076	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,63327	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,92805	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,63962	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	63,75599	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	64,02798	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	64,02851	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	67,69382	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	133,1964	tekan menentukan
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	172,6735	tekan menentukan

[illegible]

[illegible]

DATA UMUM

tinggi kolom pendek	=	700 mm
Tinggi kolom lantai 1	=	3500 mm
Tinggi kolom lantai 2 sampai 4	=	3000 mm
b kolom	=	300 mm
h kolom	=	500 mm
kuat tekan beton (f_c')	=	30 MPa
Modulus elastisitas baja (E_s)	=	200000 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur)	=	400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_y geser)	=	240 MPa
Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur)	=	22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	=	12 mm
Tebal selimut beton (<i>decking</i>)	=	40 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	=	40 mm
β_1	=	0,85
faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	=	0,8
faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	=	0,75
jumlah kolom dalam 1 lantai (n)	=	12
bentang balok b1	=	3000 mm
bentang balok b2	=	4500 mm
bentang balok b3	=	5400 mm
bentang balok b4	=	8400 mm

frame	elevasi	AS	d	d'	d''	Gaya aksial	
						1,2D	1,2D+1,6L
-	m		mm	mm	mm	N	N
337	lantai 1	AS-1 A	237	63	87	485378,3	554283,2
342		AS-1 B	237	63	87	790761,8	947031,2
347		AS-1 C	237	63	87	949729,4	1166226
352		AS-1 D	237	63	87	932645	1143436
357		AS-1 E	237	63	87	933678,7	1144583
362		AS-1 F	237	63	87	943321,5	1157028
367		AS-1 G	237	63	87	944693,3	1158658
372		AS-1 H	237	63	87	943118,9	1156086
377		AS-1 I	237	63	87	942856	1156250
382		AS-1 J	237	63	87	933791,5	1144546
387		AS-1 K	237	63	87	932184,5	1142714
392		AS-1 L	237	63	87	932280,6	1142856
397		AS-1 M	237	63	87	950969,7	1168126
402		AS-1 N	237	63	87	801358,7	965130,4
407		AS-1 O	237	63	87	469168,1	526658,2
338	lantai 2	AS-1 A	237	63	87	379072,3	433059,3
343		AS-1 B	237	63	87	614446,2	734417
348		AS-1 C	237	63	87	745164	913281,6
353		AS-1 D	237	63	87	732841,7	897178,6
358		AS-1 E	237	63	87	740977,4	897433,7
363		AS-1 F	237	63	87	740977,4	907333
368		AS-1 G	237	63	87	742137,2	908661,5
373		AS-1 H	237	63	87	741021,5	906867,1
378		AS-1 I	237	63	87	740499,7	906536,8
383		AS-1 J	237	63	87	733284,2	897345,4
388		AS-1 K	237	63	87	731774,5	895626,3
393		AS-1 L	237	63	87	732365,2	896472,6
398		AS-1 M	237	63	87	746226	914912,5
403		AS-1 N	237	63	87	621894,3	747164,8
408		AS-1 O	237	63	87	367282,4	412919,2
339	LANTAI 3	AS-1 A	237	63	87	273530,4	311403,3
344		AS-1 B	237	63	87	445660,1	530535,6
349		AS-1 C	237	63	87	540310,9	659010
354		AS-1 D	237	63	87	531915,3	648362,3
359		AS-1 E	237	63	87	532015,4	648282,8
364		AS-1 F	237	63	87	538146,5	655989,3
369		AS-1 G	237	63	87	539076,3	657033,7
374		AS-1 H	237	63	87	538415	655996,3
379		AS-1 I	237	63	87	537784,8	655388,3
384		AS-1 J	237	63	87	532090,6	648244,9
389		AS-1 K	237	63	87	530866,1	646826,3
394		AS-1 L	237	63	87	531524,8	647772
399		AS-1 M	237	63	87	541130,4	660272,4
404		AS-1 N	237	63	87	450411,6	538687,8
409		AS-1 O	237	63	87	265686,8	297985,8

momen akibat beban mati terfaktor 1,2D							
x				y			
M1ns	M2ns	M1ns	M2ns	M1ns	M2ns	M1ns	M2ns
kgm	kgm	Nmm	Nmm	kgm	kgm	Nmm	Nmm
601,88	823,39	6018800	8233900	1979,21	2027,97	19792100	20279700
297,82	1084,65	2978200	10846500	1694,55	3477,7	16945500	34777000
85,17	117,24	851700	1172400	1316,77	3146,36	13167700	31463600
130,47	139	1304700	1390000	1310,74	3171,28	13107400	31712800
116,5	124,26	1165000	1242600	1327,12	3192,47	13271200	31924700
111,47	124,12	1114700	1241200	1337,69	3260,63	13376900	32606300
103	109,52	1030000	1095200	1361,39	3282,15	13613900	32821500
98,03	107,76	980300	1077600	1360,4	3299,29	13604000	32992900
91,8	92,66	918000	926600	1376,02	3306,81	13760200	33068100
82,71	89,97	827100	899700	1366,02	3230,83	13660200	32308300
74,22	83,09	742200	830900	2114,78	3496,41	21147800	34964100
56,82	65,45	568200	654500	2094,65	3475,35	20946500	34753500
67,78	119,3	677800	1193000	1344,3	3162,03	13443000	31620300
59,6	842,35	596000	8423500	1691,19	3542,08	16911900	35420800
382,03	655,2	3820300	6552000	1883,91	2044,08	18839100	20440800
475,82	1056,75	4758200	10567500	2018,33	3379	20183300	33790000
762,39	1426,27	7623900	14262700	3404,54	4241,19	34045400	42411900
1,01	15,82	10100	158200	4806,45	5201,04	48064500	52010400
107,26	107,26	1072600	1072600	4816,66	5221,07	48166600	52210700
109,63	111,75	1096300	1117500	4811	5216,56	48110000	52165600
126,22	126,99	1262200	1269900	4895,5	5328,03	48955000	53280300
116,87	117,8	1168700	1178000	4903,5	5334,45	49035000	53344500
128,51	130,98	1285100	1309800	4875,77	5290,65	48757700	52906500
123,08	123,7	1230800	1237000	4883,45	5299,54	48834500	52995400
138,15	141,41	1381500	1414100	4802,96	5185,79	48029600	51857900
145,85	149,5	1458500	1495000	4762,92	5046,52	47629200	50465200
146,05	146,15	1460500	1461500	4773,52	5064,65	47735200	50646500
239,27	255,53	2392700	2555300	4811,46	5192,87	48114600	51928700
484,95	1129,23	4849500	11292300	3509,49	4205,03	35094900	42050300
272,89	853,66	2728900	8536600	2025,98	3289,52	20259800	32895200
668,48	1210,89	6684800	12108900	2151,39	3473,78	21513900	34737800
935,75	1574,86	9357500	15748600	3537,93	4237,76	35379300	42377600
46,52	51,15	465200	511500	4671,02	4787,97	46710200	47879700
106,77	107,87	1067700	1078700	4676,64	4798,04	46766400	47980400
118,57	119,44	1185700	1194400	4661,61	4784,61	46616100	47846100
127,77	128,89	1277700	1288900	4711,93	4839,86	47119300	48398600
118,22	118,34	1182200	1183400	4721,16	4852,28	47211600	48522800
123,91	124,16	1239100	1241600	4710,09	4841,98	47100900	48419800
116,68	117,7	1166800	1177000	4709,51	4836,03	47095100	48360300
129,29	129,67	1292900	1296700	4658,01	4778,84	46580100	47788400
134,57	135,4	1345700	1354000	4688,55	4792,93	46885500	47929300
139,91	141,22	1399100	1412200	4699,86	4803,42	46998600	48034200
205,68	209,74	2056800	2097400	4678,12	4792,39	46781200	47923900
669,9	1283,04	6699000	12830400	3641,52	4186,33	36415200	41863300
484,81	1016,92	4848100	10169200	2161,28	3395,74	21612800	33957400

momen akibat gempa terbesar							
x				y			
M1s	M2s	M1s	M2s	M1s	M2s	M1s	M2s
kgm	kgm	Nmm	Nmm	kgm	kgm	Nmm	Nmm
5772,23	6441,97	57722300	64419700	4771,56	8565,17	47715600	85651700
6567,69	7548,47	65676900	75484700	5218,69	8977,95	52186900	89779500
4863,14	5447,57	48631400	54475700	4953,04	9310,81	49530400	93108100
4950,33	5533,04	49503300	55330400	5059,59	9450,39	50595900	94503900
4977,81	5545,15	49778100	55451500	5126,02	9547,34	51260200	95473400
4988,42	5552,11	49884200	55521100	5174,7	9652,97	51747000	96529700
4985,08	5539,07	49850800	55390700	5167,45	9696,62	51674500	96966200
4979,2	5537,18	49792000	55371800	5227,3	9749,96	52273000	97499600
4967,88	5513,68	49678800	55136800	5241,63	9802,66	52416300	98026600
4951,19	5509,98	49511900	55099800	9745,68	1996,24	97456800	19962400
4920,61	5486,79	49206100	54867900	4679,8	9987,64	46798000	99876400
4856,98	5436,37	48569800	54363700	4666,55	9932,99	46665500	99329900
4806,74	5494,74	48067400	54947400	5181,18	9552,67	51811800	95526700
6357,06	7238,25	63570600	72382500	5550,83	9306,84	55508300	93068400
5462,79	6109,03	54627900	61090300	5151,09	8733,39	51510900	87333900
3870,99	4745,93	38709900	47459300	1619,95	6752,64	16199500	67526400
5615,22	6553,07	56152200	65530700	3623,23	8345,86	36232300	83458600
4088,2	4237,54	40882000	42375400	5523,25	9809,46	55232500	98094600
4132,45	4247,55	41324500	42475500	5509,38	9934,87	55093800	99348700
4137,94	4261,26	41379400	42612600	5509,16	9969,22	55091600	99692200
4150,8	4272,53	41508000	42725300	5687,72	10039,58	56877200	100395800
4139,26	4262,45	41392600	42624500	5717,9	10048,09	57179000	100480900
4156,76	4275,71	41567600	42757100	5653,21	10011,2	56532100	100112000
4141,37	4263,41	41413700	42634100	5646,57	10091,39	56465700	100913900
4169,42	4286,57	41694200	42865700	5451,51	10084,87	54515100	100848700
4175,67	4292,47	41756700	42924700	5288,25	10064,56	52882500	100645600
4167,48	4404,26	41674800	44042600	5302,01	10052,18	53020100	100521800
4009,03	4404,26	40090300	44042600	5465,6	9994,82	54656000	99948200
4319,6	6151,12	43196000	61511200	3507,26	8461,78	35072600	84617800
3149,84	4446,21	31498400	44462100	1656,05	6651,03	16560500	66510300
3367,99	4173,11	33679900	41731100	1993,36	6263,25	19933600	62632500
4895,66	5795,21	48956600	57952100	2576,59	8021,37	25765900	80213700
3529,75	3635,34	35297500	36353400	4963,34	9186,65	49633400	91866500
3484,31	3574,32	34843100	35743200	4949,36	9271,64	49493600	92716400
3505,14	3597,54	35051400	35975400	4929,18	9302,89	49291800	93028900
3512,5	3605,19	35125000	36051900	4998,3	9406,32	49983000	94063200
3500,37	3591,92	35003700	35919200	5020,86	9445,57	50208600	94455700
3507,39	3599,11	35073900	35991100	5006,27	9451,9	50062700	94519000
3495,2	3585,3	34952000	35853000	4985,63	9464,07	49856300	94640700
3513,41	3604,3	35134100	36043000	4904,99	9397,38	49049900	93973800
3517,25	3607,5	35172500	36075000	4930,64	9407,11	49306400	94071100
3514,1	3606,91	35141000	36069100	4936,33	9404,11	49363300	94041100
3732,34	3826,91	37323400	38269100	4928,29	9345,76	49282900	93457600
2846,65	5392,42	28466500	53924200	3569,51	8107,18	35695100	81071800
2265,21	3884,69	22652100	38846900	2149,94	6246,88	21499400	62468800

Faktor					
βd	cek βd≤1	untuk kolom			
		Ec	Ig	Ik	Eik
-	-	N/mm ²	mm ⁴	mm ⁴	Nmm ²
0,236769381	0,236769	25742,96	3125000000	2187500000	1,82128E+13
0,387360143	0,38736	25742,96	3125000000	2187500000	1,62359E+13
0,337925487	0,337925	25742,96	3125000000	2187500000	1,68358E+13
0,335571336	0,335571	25742,96	3125000000	2187500000	1,68655E+13
0,334383189	0,334383	25742,96	3125000000	2187500000	1,68805E+13
0,337785158	0,337785	25742,96	3125000000	2187500000	1,68376E+13
0,338483925	0,338484	25742,96	3125000000	2187500000	1,68288E+13
0,338390106	0,33839	25742,96	3125000000	2187500000	1,683E+13
0,337338029	0,337338	25742,96	3125000000	2187500000	1,68432E+13
0,331514066	0,331514	25742,96	3125000000	2187500000	1,69169E+13
0,350073691	0,350074	25742,96	3125000000	2187500000	1,66843E+13
0,349879543	0,34988	25742,96	3125000000	2187500000	1,66867E+13
0,331010074	0,33101	25742,96	3125000000	2187500000	1,69233E+13
0,3805889	0,380589	25742,96	3125000000	2187500000	1,63156E+13
0,234053443	0,234053	25742,96	3125000000	2187500000	1,82529E+13
0,500396882	0,500397	25742,96	3125000000	2187500000	1,50128E+13
0,508178905	0,508179	25742,96	3125000000	2187500000	1,49353E+13
0,530206556	0,530207	25742,96	3125000000	2187500000	1,47203E+13
0,525529775	0,52553	25742,96	3125000000	2187500000	1,47654E+13
0,523266615	0,523267	25742,96	3125000000	2187500000	1,47874E+13
0,53070248	0,530702	25742,96	3125000000	2187500000	1,47155E+13
0,530891941	0,530892	25742,96	3125000000	2187500000	1,47137E+13
0,52847311	0,528473	25742,96	3125000000	2187500000	1,4737E+13
0,525154612	0,525155	25742,96	3125000000	2187500000	1,47691E+13
0,514214858	0,514215	25742,96	3125000000	2187500000	1,48758E+13
0,501414866	0,501415	25742,96	3125000000	2187500000	1,50026E+13
0,503835984	0,503836	25742,96	3125000000	2187500000	1,49784E+13
0,51955613	0,519556	25742,96	3125000000	2187500000	1,48235E+13
0,496943905	0,496944	25742,96	3125000000	2187500000	1,50474E+13
0,494588056	0,494588	25742,96	3125000000	2187500000	1,50711E+13
0,554628987	0,554629	25742,96	3125000000	2187500000	1,4489E+13
0,528308755	0,528309	25742,96	3125000000	2187500000	1,47386E+13
0,521187811	0,521188	25742,96	3125000000	2187500000	1,48076E+13
0,517496365	0,517496	25742,96	3125000000	2187500000	1,48436E+13
0,514314369	0,514314	25742,96	3125000000	2187500000	1,48748E+13
0,514532782	0,514533	25742,96	3125000000	2187500000	1,48726E+13
0,513709601	0,51371	25742,96	3125000000	2187500000	1,48807E+13
0,512275839	0,512276	25742,96	3125000000	2187500000	1,48948E+13
0,510988401	0,510988	25742,96	3125000000	2187500000	1,49075E+13
0,508528973	0,508529	25742,96	3125000000	2187500000	1,49318E+13
0,509500792	0,509501	25742,96	3125000000	2187500000	1,49222E+13
0,510778798	0,510779	25742,96	3125000000	2187500000	1,49096E+13
0,512787617	0,512788	25742,96	3125000000	2187500000	1,48898E+13
0,516373141	0,516373	25742,96	3125000000	2187500000	1,48546E+13
0,54358976	0,54359	25742,96	3125000000	2187500000	1,45927E+13

untuk balok induk					
b	h	Ec	Ig	Ib	Eib
mm	mm	N/mm ²	mm ⁴	mm ⁴	Nmm ²
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,4988E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,22757E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,30988E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31395E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31601E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31012E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,30891E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,30907E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,31089E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,321E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,28909E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,28942E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,32188E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,2385E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,5043E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,05975E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04912E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,01962E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02582E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02883E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,01897E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,01872E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02191E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02631E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04095E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,05835E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,05504E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,03378E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,0645E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,06776E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	1,9879E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,02213E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,0316E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,03654E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04082E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04053E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04163E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04357E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04531E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04865E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04733E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,0456E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,04288E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,03805E+13
300	700	25742,96	8575000000	3001250000	2,00211E+13

untuk sloof							
b	h	Ec	lg	Is	Eis		
mm	mm	N/mm ²	mm ⁴	mm ⁴	Nmm ²		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,53215E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	4,93167E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11388E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,1229E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,12746E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11442E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11175E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11211E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,11613E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,13851E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,06787E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,0686E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,14045E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	4,95585E+12		
250	450	25742,9602	1898437500	664453125	5,54433E+12		

kolom atas (Ψ_a)	kolom bawah(Ψ_b)	k	r	kontrol kelangsingan kolom		Pc	Σ Pc
				k. λ_u / r	cek		
-	-	-	mm	-		N	N
1,353602666	16,93122	2,1	144,3376	50,92229	KOLOM LANGSING	3327384	39928604,03
0,812161599	10,15873	1,85	144,3376	38,45153	KOLOM LANGSING	3822060	45864722,53
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	39,6986	KOLOM LANGSING	3718190	44618275,39
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	39,6986	KOLOM LANGSING	3724743	44696921,98
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	39,6986	KOLOM LANGSING	3728060	44736720,52
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3718580	44622955,67
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3716638	44599659,87
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3716899	44602786,24
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3719823	44637875,05
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3736093	44833118,44
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3684733	44216792,17
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3685263	44223151,71
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3737508	44850094,68
1,015201999	12,69841	1,91	144,3376	46,31504	KOLOM LANGSING	3603289	43239466,73
1,353602666	16,93122	2,1	144,3376	50,92229	KOLOM LANGSING	3334707	40016479,97
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	6171177	74054118,51
0,74968763	0,812162	1,25	144,3376	30,31089	KOLOM LANGSING	7701181	92414166,93
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7017678	84212135,04
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7039192	84470302,17
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7049650	84595802,12
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7015404	84184851,61
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7014536	84174433,01
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7025637	84307640,25
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7040923	84491080,51
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7091792	85101503,52
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7152252	85827018,27
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7140737	85688840,07
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7066864	84802369,95
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7173613	86083360
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	6195161	74341935,25
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	5955900	71470794,3
0,74968763	0,812162	1,25	144,3376	30,31089	KOLOM LANGSING	7599746	91196950
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7059284	84711407,89
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7076456	84917475,95
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7091326	85095911,22
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7090303	85083639,4
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7094159	85129909,32
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7100885	85210619,52
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7106935	85283223,21
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7118522	85422264,61
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7113939	85367269,6
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7107921	85295055,3
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7098483	85181792,64
0,937109538	1,015202	1,3	144,3376	31,52332	KOLOM LANGSING	7081698	84980376,95
1,249479384	1,353603	1,4	144,3376	33,9482	KOLOM LANGSING	5998494	71981929

faktor pembesaran momen								
Σ Pu	δs	cek δs>1	Arah X		Arah Y		M terbesar arah X	M terbesar arah Y
			M1	M2	M1	M2		
N	-	-	Nmm	Nmm	Nmm	Nmm	Nmm	Nmm
5824539,6	1,241462586	1,241463	77678876	88208547	79029232	126613081	88208547,4	1,27E+08
9489141,6	1,380946209	1,380946	93674466	1,15E+08	89012802	158757660	115086810	1,59E+08
11396753	1,516462441	1,516462	74599392	83782753	88278691	172658537	83782753	1,73E+08
11191740	1,501176137	1,501176	75617873	84450676	89060758	173579800	84450676,1	1,74E+08
11204144	1,50133998	1,50134	75898852	84494154	90230188	175262732	84494153,9	1,75E+08
11319858	1,511115485	1,511115	76495487	85139994	91572593	178473824	85139993,9	1,78E+08
11336320	1,512644217	1,512644	76436524	84881622	91779034	179496862	84881622	1,79E+08
11317427	1,51129881	1,511299	76230890	84760935	92604123	180343929	84760935,5	1,8E+08
11314272	1,510476604	1,510477	75956665	84209446	92933795	181134986	84209446,4	1,81E+08
11205498	1,499813892	1,499814	75085735	83539145	1,6E+08	62248184,8	83539145,5	1,6E+08
11186214	1,509010762	1,509011	74994734	83627152	91766486	185678662	83627151,6	1,86E+08
11187367	1,508979479	1,508979	73859031	82688208	91363782	184640281	82688207,7	1,85E+08
11411636	1,513437864	1,513438	73424823	84352476	91856940	176194025	84352475,7	1,76E+08
9616304,4	1,42152193	1,421522	90963002	1,11E+08	95818166	167719572	111316811	1,68E+08
5630017,2	1,230905506	1,230906	71062083	81748387	82244150	127940578	81748386,6	1,28E+08
4548867,6	1,089207963	1,089208	46921331	62260547	37827924	107340293	62260547,5	1,07E+08
7373354,4	1,119045517	1,119046	70460768	87594536	74590993	135805872	87594536	1,36E+08
8941968	1,164928823	1,164929	47634720	49522525	1,12E+08	166283627	49522524,9	1,66E+08
8794100,4	1,161186251	1,161186	49058041	50394567	1,12E+08	167573044	50394566,6	1,68E+08
8891728,8	1,162986139	1,162986	49219969	50675363	1,12E+08	168106247	50675363,1	1,68E+08
8891728,8	1,163912171	1,163912	49573866	50998397	1,15E+08	170132194	50998396,7	1,7E+08
8905646,4	1,164234525	1,164235	49359394	50802915	1,16E+08	170327833	50802914,5	1,7E+08
8892258	1,163645713	1,163646	49655060	51063916	1,15E+08	169401400	51063916,1	1,69E+08
8885996,4	1,163098733	1,163099	49399022	50824668	1,15E+08	170368229	50824667,7	1,7E+08
8799410,4	1,1599116	1,159912	49743086	51134523	1,11E+08	168833477	51134522,7	1,69E+08
8781294	1,157968281	1,157968	49811434	51200441	1,09E+08	167009612	51200441,1	1,67E+08
8788382,4	1,158411319	1,158411	49737060	52480946	1,09E+08	167092091	52480946,4	1,67E+08
8954712	1,163864462	1,163864	49052375	53814917	1,12E+08	168254858	53814917	1,68E+08
7462731,6	1,130696309	1,130696	53691058	80842787	74751359	137727334	80842786,8	1,38E+08
4407388,8	1,085831923	1,085832	36930868	56814968	38241720	105114207	56814967,6	1,05E+08
3282364,8	1,065228878	1,065229	42561602	56562073	42747746	101455748	56562072,8	1,01E+08
5347921,2	1,084820601	1,084821	62466628	78616232	63330679	129395074	78616232	1,29E+08
6483730,8	1,113650319	1,11365	39774272	40996475	1,02E+08	150186857	40996475,5	1,5E+08
6382983,6	1,111385915	1,111386	39791831	40803189	1,02E+08	151024101	40803189	1,51E+08
6384184,8	1,111149635	1,11115	40133050	41168453	1,01E+08	151215128	41168452,6	1,51E+08
6457758	1,11259282	1,112593	40357523	41399985	1,03E+08	153052641	41399985,1	1,53E+08
6468915,6	1,112741075	1,112741	40132255	41152169	1,03E+08	153627537	41152169,2	1,54E+08
6460980	1,112468566	1,112469	40257711	41280567	1,03E+08	153569216	41280567,4	1,54E+08
6453417,6	1,112215786	1,112216	40040966	41053273	1,03E+08	153621181	41053272,6	1,54E+08
6385087,2	1,110695368	1,110695	40316182	41329493	1,01E+08	152164664	41329493,2	1,52E+08
6370393,2	1,110491487	1,110491	40404462	41414980	1,02E+08	152394456	41414980,4	1,52E+08
6378297,6	1,110747804	1,110748	40431889	41475874	1,02E+08	152490145	41475873,6	1,52E+08
6493564,8	1,113142539	1,113143	43603064	44696363	1,02E+08	151955530	44696363,1	1,52E+08
5404939,2	1,09266085	1,092661	37803230	71751262	75417838	130447282	71751262,2	1,3E+08
3188241,6	1,062762879	1,062763	28921911	51454243	44461564	100346922	51454243,3	1E+08

Input PCACOL				Penulangan Kolom							
Mx	My	Pn	KONTROL	luas tulangan	n	As pasang	Tulangan Pasang			Smax	Smax > S sejajar
kN-m	kN-m	kN		mm ²	buah	mm ²	n	D	tiap sisi	mm	
99,968	132,917	692,854	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
130,300	154,976	1183,789	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,263	176,494	1457,783	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,826	177,334	1429,294	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,064	179,173	1430,729	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,873	182,334	1446,285	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,733	183,344	1448,323	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,604	184,189	1445,108	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
104,104	185,084	1445,313	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,299	182,709	1430,683	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,495	188,393	1428,393	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
102,542	187,358	1428,570	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
103,949	180,717	1460,157	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
128,617	165,373	1206,413	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
93,995	134,375	658,323	OK	380,1327	20	7602,654	20	D 22	6	169,6	1 lapis
64,616	91,938	541,324	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
91,665	116,742	918,021	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,705	142,842	1141,602	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,652	144,203	1121,473	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,947	144,926	1121,792	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,161	146,065	1134,166	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,031	146,229	1135,827	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,193	145,619	1133,584	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
61,985	146,716	1133,171	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,151	146,219	1121,682	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
62,132	145,681	1119,533	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
63,774	145,557	1120,591	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
64,075	145,408	1143,641	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
86,938	119,596	933,956	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
60,348	90,274	516,149	OK	380,1327	16	6082,123	16	D 22	5	168,5	1 lapis
55,566	83,397	389,254	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
78,585	108,772	663,170	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,606	127,884	823,763	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,656	128,805	810,453	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,968	129,211	810,354	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,139	130,818	819,987	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,961	131,381	821,292	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,049	131,437	819,995	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
49,845	131,576	819,235	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,041	130,470	810,306	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,076	130,581	808,533	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
50,080	130,570	809,715	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
53,249	130,040	825,341	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
73,651	110,730	673,360	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis
51,606	82,987	372,482	OK	380,1327	12	4561,593	12	D 22	4	166,6667	1 lapis

	kondisi balanced														
% tulangan	d	d'	d''	e min	xb	ab	Cs'	Cc'	T	Pb	Mb	eb	e perlu	cek	
%	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N	N	N	N	Nmm	mm	mm		
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	228,4267	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	167,6372	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	148,0489	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	151,8055	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	153,1236	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	154,2519	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	154,9179	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	155,9953	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	156,6573	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	139,6425	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	162,4892	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	161,5604	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	150,8348	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	173,7792	tekan menentukan	
0,050684	237	63	87	30	142,2	120,87	1423597	924655,5	1520531	827721,7	338955892,6	409,5047	242,9291	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	143,7691	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	119,2708	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	54,22481	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,17005	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,46697	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,20692	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	55,90961	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,30805	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,06465	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	56,98421	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	57,16719	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	58,54161	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	58,81974	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	108,1994	tekan menentukan	
0,040547	237	63	87	30	142,2	120,87	1138878	924655,5	1216425	847108,4	287728068	339,6591	137,5934	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	181,6361	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	148,1828	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,20919	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,9327	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	63,50385	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	63,11076	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,63327	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,92805	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	62,63962	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	63,75599	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	64,02798	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	64,02851	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	67,69382	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	133,1964	tekan menentukan	
0,030411	237	63	87	30	142,2	120,87	854158,2	924655,5	912318,5	866495,2	236500243,5	272,9389	172,6735	tekan menentukan	

[illegible]

[illegible]

b sloof	=	200 mm	Diameter tulangan lentur (D torsi)	=	13 mm
h sloof	=	250 mm	Kuat leleh tulangan torsi (fy torsi)	=	400
b kolom	=	450 mm	β_1	=	0,85
h kolom	=	300	jumlah kaki	=	2
kuat tekan beton (fc')	=	500			
Kuat leleh tulangan lentur (fy lentur)	=	30			
Kuat leleh tulangan geser (fy geser)	=	400			
Diameter tulangan lentur (D lentur)	=	240			
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	=	16			
Tebal selimut beton (<i>decking</i>)	=	10			
faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	=	40			
faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	=	0,8			
faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ)	=	0,75			
Cot \emptyset	=	0,75			
	=	1			

frame	station	Type	Output SAP				Dimensi Kolom		Sloof			d	d'
			T	V2	Nu	Momen	b	h	b	h	L		
			kg-m	kg			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2	0	S1	642,21	4650,79	1123,97	719,97	200	450	250	450	3000	392	58
2	0,75		424,23	1135,69	2060,33	559,13	200	450	250	450	3000	392	58
2	1,5		765,97	1211,91	2472,75	1381,69	200	450	250	450	3000	392	58
2	2,25		765,97	1454,91	2472,75	381,68	200	450	250	450	3000	392	58
2	3		765,97	1697,91	2472,75	800,7	200	450	250	450	3000	392	58
3	0	S1	890,61	4650,79	3217,57	945,73	200	450	250	450	3000	392	58
3	0,75		890,61	1222,46	3217,57	294,3	200	450	250	450	3000	392	58
3	1,5		890,61	979,46	3217,57	1553,02	200	450	250	450	3000	392	58
3	2,25		765,97	1321,64	2793,93	542,03	200	450	250	450	3000	392	58
3	3		765,97	4535,07	1893,83	800,7	200	450	250	450	3000	392	58
20	0	S1	890,61	4318,18	3217,57	4460,53	200	450	250	450	3000	392	58
20	0,75		890,61	2550,76	3217,57	294,3	200	450	250	450	3000	392	58
20	1,5		890,61	1557,08	3217,57	2426,52	200	450	250	450	3000	392	58
20	2,25		512,65	1321,64	2793,93	2291,02	200	450	250	450	3000	392	58
20	3		611,91	8099,05	2981,16	7180,36	200	450	250	450	3000	392	58

Penulangan Torsi										
Ln sloof	Tu	Tn	Vu	Acp	Pcp	Aoh	Ph	Tu min	Tu max	Cek
mm	Nmm	Nmm	N	mm ²	mm	mm ²	mm			
2800	6422100	8.562.800	46507,9	112500	1400	57600	1040	3.094.694	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	4242300	5656400	11356,9	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	7659700	10212933	12119,1	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	7659700	10212933	14549,1	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	7659700	10212933	16979,1	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	8906100	11874800	46507,9	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	8906100	11874800	12224,6	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	8906100	11874800	9794,6	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	7659700	10212933	13216,4	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	7659700	10212933	45350,7	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	8906100	11874800	43181,8	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	8906100	11874800	25507,6	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	8906100	11874800	15570,8	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	5126500	6835333,3	13216,4	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir
2800	6119100	8158800	80990,5	112500	1400	57600	1040	3094693,58	12378774,32	Perlu Tul. Puntir

									penulangan lentur		
$\sqrt{(V_u(b,d))^2 + ((T_u P_h) / (1,7 A_{sh} s^2)))^2}$	$\phi_v((V_u(b,d)) + (2 \cdot \sqrt{f_c}) / 3)$	kemampuan dimensi	pembagian torsi				n	D	Mu	Mn	Rn
			At/s	At	At min	At/4			Nmm	Nmm	
1	3	Mampu	0,364362064	227,3619281	414,5004	103,6251	2	13	7199700	8999625	0,234268
1	3	Mampu	0,240689679	150,1903595	491,672	122,918	2	13	5591300	6989125	0,181933
1	3	Mampu	0,434578114	271,1767429	370,6856	92,67141	2	13	13816900	17271125	0,449582
1	3	Mampu	0,434578114	271,1767429	370,6856	92,67141	2	13	3816800	4771000	0,124193
1	3	Mampu	0,434578114	271,1767429	370,6856	92,67141	2	13	8007000	10008750	0,260536
2	3	Mampu	0,505293437	315,3031046	326,5593	81,63982	2	13	9457300	11821625	0,307727
2	3	Mampu	0,505293437	315,3031046	326,5593	81,63982	2	13	2943000	3678750	0,095761
2	3	Mampu	0,505293437	315,3031046	326,5593	81,63982	2	13	15530200	19412750	0,50533
1	3	Mampu	0,434578114	271,1767429	370,6856	92,67141	2	13	5420300	6775375	0,176369
1	3	Mampu	0,434578114	271,1767429	370,6856	92,67141	2	13	8007000	10008750	0,260536
2	3	Mampu	0,505293437	315,3031046	326,5593	81,63982	2	13	44605300	55756625	1,451391
2	3	Mampu	0,505293437	315,3031046	326,5593	81,63982	2	13	2943000	3678750	0,095761
2	3	Mampu	0,505293437	315,3031046	326,5593	81,63982	2	13	24265200	30331500	0,789554
1	3	Mampu	0,290855347	181,4937364	460,3686	115,0922	2	13	22910200	28637750	0,745464
1	3	Mampu	0,347171116	216,6348039	425,2276	106,3069	2	13	71803600	89754500	2,336383

m	rho b	rho min	rho max	rho perlu	rho pakai	As Perlu (Mu)	As Nu	Tulangan Tarik			
								As pasang	n	D	As pakai
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000588384	0,0035	446,625111	46,83208333	597,0823053	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000456466	0,0035	465,9180031	85,84708333	674,6830896	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,001134041	0,0035	435,6714073	103,03125	631,3740646	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000311242	0,0035	435,6714073	103,03125	631,3740646	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000654702	0,0035	435,6714073	103,03125	631,3740646	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000774015	0,0035	424,6398169	134,0654167	640,3450504	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000239853	0,0035	424,6398169	134,0654167	640,3450504	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,001276096	0,0035	424,6398169	134,0654167	640,3450504	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000442457	0,0035	435,6714073	116,41375	644,7565646	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000654702	0,0035	435,6714073	78,90958333	607,2523979	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,00373807	0,00373807	447,9706988	134,0654167	663,6759323	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,000239853	0,0035	424,6398169	134,0654167	640,3450504	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,002005428	0,0035	424,6398169	134,0654167	640,3450504	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,001891728	0,0035	458,0921589	116,41375	689,5980678	4	D 16	804,248
15,68627	0,0325125	0,0035	0,024384	0,006136283	0,00613628	707,662674	124,215	938,184566	6	D 16	1206,372

kontrol thd As perlu	Tulangan Tekan				a	Ce'	Cs'	Mn	cek syarat SRPMM	S max
	As Pasang	n	D	As Pakai						
OK	103,6251	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	122,918	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	92,67141	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	92,67141	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	92,67141	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	81,63982	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	81,63982	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	81,63982	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	92,67141	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	92,67141	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	81,63982	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	81,63982	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	81,63982	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	115,0922	2	D 16	402,1239	15,76956	100531	321699,088	146062968,8	OK	28,66666667
OK	106,3069	2	D 16	402,1239	31,53913	201061,9	482548,632	236816860,7	OK	10,8

penulangan geser tumpuan									
cek	Vu	Mnl	Mnr	Vu1	Vc	0,5 ϕ Vc	ϕ Vc	Vs min	ϕ (Vc+Vsmin)
	N					N	N	N	N
1 lapis	46507,9	146062968,8	146062969	150838,592	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	11356,9			115687,592	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	12119,1			116449,792	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	14549,1			118879,792	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	16979,1			121309,792	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	46507,9	146062968,8	146062969	150838,592	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	12224,6			116555,292	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	9794,6			114125,292	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	13216,4			117547,092	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	45350,7			149681,392	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	43181,8	146062968,8	236816861	179924,5962	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	25507,6			162250,3962	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	15570,8			152313,5962	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	13216,4			149959,1962	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329
1 lapis	80990,5			217733,2962	89461,35	33548,00665	67096,01329	32666,66667	91596,01329

[illegible]

							penulangan geser lapangan		
Vs perlu	luas	S perlu	ϕ	S	KONTROL		Vu	Vu2	Vc
	Av				Sperlu<d/2	Sperlu<600			
N	mm2	mm			196	600			
8374,257874	157,0796	1764,699877	ϕ 10 –	175	OK	OK	46507,9	53870,92573	89461,35
4859,157874	157,0796	3041,278391	ϕ 10 –	175	OK	OK	11356,9	41316,99716	89461,35
4935,377874	157,0796	2994,310105	ϕ 10 –	175	OK	OK	12119,1	41589,21144	89461,35
5178,377874	157,0796	2853,799433	ϕ 10 –	175	OK	OK	14549,1	42457,06858	89461,35
5421,377874	157,0796	2725,884855	ϕ 10 –	175	OK	OK	16979,1	43324,92573	89461,35
8374,257874	157,0796	1764,699877	ϕ 10 –	175	OK	OK	46507,9	53870,92573	89461,35
4945,927874	157,0796	2987,923039	ϕ 10 –	175	OK	OK	12224,6	41626,89001	89461,35
4702,927874	157,0796	3142,308842	ϕ 10 –	175	OK	OK	9794,6	40759,03287	89461,35
5045,107874	157,0796	2929,184511	ϕ 10 –	175	OK	OK	13216,4	41981,1043	89461,35
8258,537874	157,0796	1789,427144	ϕ 10 –	175	OK	OK	45350,7	53457,64001	89461,35
11282,8583	157,0796	1309,779087	ϕ 10 –	175	OK	OK	43181,8	64258,78437	89461,35
9515,438296	157,0796	1553,060551	ϕ 10 –	175	OK	OK	25507,6	57946,57009	89461,35
8521,758296	157,0796	1734,155245	ϕ 10 –	175	OK	OK	15570,8	54397,71295	89461,35
8286,318296	157,0796	1783,427973	ϕ 10 –	175	OK	OK	13216,4	53556,8558	89461,35
15063,7283	157,0796	981,0354749	ϕ 10 –	175	OK	OK	80990,5	77761,89152	89461,35

0,5 ϕ Vc	ϕ Vc	Vs min	ϕ (Vc+Vsmin)	Vs max	ϕ (Vc+Vsmax)	2 Vs max	ϕ (Vc+2Vsmax)	kondisi 1
N	N	N	N	N	N	N	N	
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	5,560259	67100,18349	11,1205173	67104,35368	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	4,318107	67099,25187	8,63621381	67102,49045	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	10,67066	67104,01629	21,3413164	67112,01928	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	2,947678	67098,22405	5,89535544	67100,43481	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	6,183729	67100,65109	12,3674573	67105,28889	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	7,303781	67101,49113	14,6075626	67106,96897	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	2,27285	67097,71793	4,54570086	67099,42257	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	11,99382	67105,00866	23,9876465	67114,00403	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	4,186045	67099,15283	8,37209052	67102,29236	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	6,183729	67100,65109	12,3674573	67105,28889	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	34,44824	67121,84948	68,8964834	67147,68566	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	2,27285	67097,71793	4,54570086	67099,42257	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	18,73978	67110,06813	37,4795585	67124,12296	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	17,69333	67109,28329	35,3866517	67122,55328	NOT OK
33548,00665	67096,01	32666,66667	91596,01329	55,45323	67137,60321	110,906451	67179,19313	NOT OK

Syarat Kondisi				keterangan kondisi	Vs perlu N	luas Av mm ²	S perlu mm	ϕ	S	KONTROL	
kondisi 2	kondisi 3	kondisi 4	kondisi 5							Sperlu<d/2 196	Sperlu<600 600
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	2	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK
NOT OK	OK	NOT OK	NOT OK	3	32666,67	157,0796	28274333,88	ϕ 10 –	175	OK	OK

jumlah tiang pancang

=

4

TABLE: Joint Reactions

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
124	1D + 1L + 1W	Combination		446,23	8,06	48473,9	3137,57	-593,68
124	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	7464,83	2874,21	75970,01	5327,73	7832,34
124	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-6492,54	-2086,98	22302,77	-223,55	-8962,67
124	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	1115,48	5513,13	62381,19	11360,81	-110,84
124	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	-143,2	-4725,9	35891,59	-6256,64	-1019,48
127	1D + 1L + 1W	Combination		-337,33	198,69	82447,44	2723,68	-1008,53
127	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	6198,97	1738,72	101629,31	2837,4	7051,89
127	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-6883,95	-272,52	64573,22	1207,64	-9060,25
127	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	-191,8	6831,88	95979,93	11821,53	-880,35
127	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	-493,19	-5365,68	70222,6	-7776,49	-1128,01
130	1D + 1L + 1W	Combination		54,79	1095,99	97461,82	-719,85	120,27
130	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3445,04	1659,24	99079,3	-1110,79	6322,46
130	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3332,29	1433,46	96811,16	-1626,87	-6075,47
130	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	114,2	5392,06	107899,99	6929,65	232,24
130	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	-1,45	-2299,36	87990,48	-9667,31	14,75
133	1D + 1L + 1W	Combination		97,81	-1539,31	96038,22	1386,15	187,37
133	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3586,52	-1160,77	97843,01	1147,59	6536,89
133	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3395,99	-1426,83	93236,46	582,52	-6172,15
133	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	150,49	2578,5	105629,01	9196,43	285,74
133	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	40,04	-5166,1	85450,46	-7466,31	78,99
134	1D + 1L + 1W	Combination		86,78	1091,6	95562,22	-704,45	157,04
134	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3463,84	1648,26	96416,12	-1147,86	6345,33
134	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3286,64	1447,07	95643,79	-1581,61	-6024,61
134	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	148,43	5463,12	105776,83	7076,77	269,85
134	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	28,76	-2367,8	86283,07	-9806,23	50,88
137	1D + 1L + 1W	Combination		109,49	-1609,79	96130,24	1475,49	199,44
137	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3525,95	-1259,1	95801,33	1162,69	6466,1
137	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3312,87	-1461,53	95507,42	728,09	-6077,92
137	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	164,38	2555,39	105348,6	9386,4	299,64
137	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	48,71	-5276,02	85960,15	-7495,62	88,54
138	1D + 1L + 1W	Combination		80,79	1095,16	95755,56	-701,26	148,93
138	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3461,63	1626,66	96370,93	-1214,35	6342,54
138	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3297,27	1483,7	96082,87	-1525,52	-6039,5
138	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	136,99	5532,04	106110,43	7204,68	252,48
138	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	27,37	-2421,68	86343,36	-9944,55	50,56
141	1D + 1L + 1W	Combination		104,16	-1623,14	98307,21	-631,13	191,71
141	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3533,48	-1295,28	97992,63	-1010,69	6473,98
141	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3330,27	-1444,14	97658,3	-1328,65	-6099,95
141	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	154,87	2605,43	107710,59	7401,68	284,8
141	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	48,34	-5344,85	87940,35	-9741,01	89,23
142	1D + 1L + 1W	Combination		81,94	1134,77	96841,79	-739,59	148,8
142	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3461,21	1639,82	97396,01	-1316,34	6341,1
142	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3295,3	1552,19	97211,07	-1508,35	-6039,69
142	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	132,8	5607,21	107064,48	7258,1	242,46
142	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	33,11	-2415,19	87542,6	-10082,8	58,94
145	1D + 1L + 1W	Combination		105,69	-1662,53	99439,98	-586,91	191,94
145	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3532,12	-1362	99069,25	-1032,19	6471,59
145	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3325,03	-1452,75	98866,47	-1228,72	-6095,56
145	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	151,67	2602,68	108728,29	7537,68	276,39
145	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	55,43	-5417,43	89207,42	-9798,59	99,64
146	1D + 1L + 1W	Combination		74,19	1136,98	96962,73	-738,99	138,78
146	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3455	1617,2	97461,94	-1375,83	6332,8
146	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3305,34	1581,93	97385,95	-1453,86	-6052,81
146	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	119,41	5645,28	107213,64	7332,34	222,15
146	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	30,25	-2446,15	87634,25	-10162	57,85
149	1D + 1L + 1W	Combination		97,12	-1664,33	99588,84	-585,04	180,24
149	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3526,76	-1389,27	99177,69	-1091,77	6464,39

149	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3335,87	-1425,98	99056,74	-1172,36	-6110,04
149	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	138,07	2638,46	108907,54	7615,31	255,43
149	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	52,82	-5453,7	89326,9	-9879,44	98,92
150	1D + 1L + 1W	Combination		74,05	1168,93	96758,38	-808,16	136,37
150	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3454,26	1670	97245,57	-1410,29	6329,94
150	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3305,6	1593,83	97187,36	-1561,04	-6056,12
150	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	114,31	5695,13	106985,98	7312,58	210,52
150	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	34,35	-2431,31	87446,95	-10283,9	63,29
153	1D + 1L + 1W	Combination		99,88	-1608,59	99360,49	-680,11	182,82
153	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3528,29	-1303,81	98947,4	-1140,65	6465,6
153	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3330,94	-1400,6	98836,62	-1314,19	-6104,38
153	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	136,4	2700,94	108668,33	7549,31	249,89
153	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	60,95	-5405,35	89115,69	-10004,2	111,33
154	1D + 1L + 1W	Combination		64,46	1167,63	96779,41	-802,91	122,04
154	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3445,32	1690,9	97309,71	-1358,96	6316,8
154	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3316,56	1572,08	97180,17	-1603,93	-6072,99
154	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	100,99	5711,22	107177,39	7340,01	189,12
154	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	27,77	-2448,24	87312,49	-10302,9	54,68
157	1D + 1L + 1W	Combination		96,2	-1629,14	99405,27	-648,91	178,87
157	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3523,44	-1306,25	99000,65	-1067,47	6459,62
157	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3332,54	-1436,53	98858,07	-1328,93	-6104,59
157	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	129,67	2707,03	108861,6	7620,42	240,27
157	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	61,23	-5449,8	88997,12	-10016,8	114,76
158	1D + 1L + 1W	Combination		62,95	1122,94	95733,09	-753,03	117,94
158	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3444,96	1668,53	96328,96	-1260,8	6313,66
158	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3319,99	1506,61	96093,6	-1602,45	-6079,47
158	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	97,68	5676,6	106390,42	7387,93	181,68
158	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	27,29	-2501,46	86032,14	-10251,2	52,5
161	1D + 1L + 1W	Combination		97,38	-1597,59	98351,06	-678,72	179,48
161	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3525,4	-1252,84	97993,89	-1048,95	6460,73
161	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3331,14	-1426,06	97731,35	-1405,8	-6102,66
161	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	129,95	2749,35	108039,91	7591,91	239,19
161	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	64,31	-5428,25	87685,33	-10046,7	118,88
162	1D + 1L + 1W	Combination		59,9	1111,16	97870,19	1386,33	112,45
162	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3439,47	1678,59	98520,54	933,74	6304,38
162	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3321,33	1468,94	98181,08	490,26	-6082,52
162	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	95,04	5640,87	108576,24	9485,93	176,8
162	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	23,09	-2493,34	88125,38	-8061,93	45,06
165	1D + 1L + 1W	Combination		96,22	-1593,11	98073,02	-681,95	177,06
165	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3524,39	-1231,14	97777,57	-1002,73	6458,17
165	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3331,61	-1443,2	97386,35	-1449,26	-6103,4
165	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	130,43	2728,99	107809,57	7546,29	239,62
165	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	62,35	-5403,33	87354,35	-9998,28	115,15
166	1D + 1L + 1W	Combination		54,63	1107,51	97842,91	1390,28	104,97
166	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3430,83	1694,22	98746,13	993,69	6291,51
166	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3324	1439,57	97894,97	451,47	-6085,9
166	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	90,84	5609,36	108465,74	9444,22	171,37
166	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	15,99	-2475,58	88175,36	-7999,06	34,24
169	1D + 1L + 1W	Combination		92,11	-1592,16	96053,54	1443,04	171,25
169	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3509,66	-1212,08	95720,82	1176,27	6439,72
169	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3324,35	-1466,64	95414,9	634,8	-6095,31
169	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	128,61	2703,71	105659,07	9627,41	238,08
169	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	56,71	-5382,44	85476,66	-7816,34	106,33
170	1D + 1L + 1W	Combination		87,08	1104,29	97556,5	-733,73	142,17
170	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3476,65	1692,67	99165,74	-1090,54	6342,25
170	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3304,32	1425,41	96939,37	-1694,15	-6061,87
170	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	128,29	5572,49	108536,56	7272,18	214,69
170	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	44,04	-2454,41	87568,55	-10056,9	65,68
173	1D + 1L + 1W	Combination		109,18	-1533,2	98698,16	-751,07	190,04
173	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3597,73	-1128,59	100522,5	-954,66	6540,18
173	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3379,24	-1437,93	95850,09	-1609,03	-6159,09
173	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	153,14	2758,15	108815,12	7417,44	266,26
173	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	65,35	-5324,67	87557,47	-9981,13	114,83

174	1D + 1L + 1W	Combination		574,95	180,34	83943,87	2906	1285,06
174	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	7103,68	1996,65	103190,86	3239,8	9251,8
174	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-5939,65	-547,16	66055,4	1139,7	-6686,54
174	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	816,71	7177,6	98646,26	12545,03	1397,69
174	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	347,31	-5728,11	70599,99	-8165,52	1167,56
177	1D + 1L + 1W	Combination		-166,88	-54,44	46357,44	3208,44	920,97
177	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	6688,98	2747,99	73977,96	5365,17	9248,51
177	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-7100,7	-2069,69	20086,08	-149,03	-7460,97
177	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	347,06	5748,67	60617,92	11946,4	1243,48
177	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	-758,78	-5070,38	33446,12	-6730,26	544,06
180	1D + 1L + 1W	Combination		518,41	-538,39	41278,42	603,86	-1165,54
180	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	3540,1	-51,13	45751,89	492,74	4641,92
180	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-2509,3	-506,04	34827,13	-351,05	-6984,14
180	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	571,03	3868,02	60095,57	8665,56	-1066,48
180	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	459,76	-4425,19	20483,45	-8523,87	-1275,74
181	1D + 1L + 1W	Combination		-340,68	-553,74	41944,02	629,63	1509,26
181	1D + 1L + 1EqX	Combination	Max	2682,32	-40,47	46331,41	545,5	7319,15
181	1D + 1L + 1EqX	Combination	Min	-3361,99	-535,1	35527,78	-377,79	-4297,74
181	1D + 1L + 1EqY	Combination	Max	-303,02	4089,23	61827,9	9156,78	1579,28
181	1D + 1L + 1EqY	Combination	Min	-376,65	-4664,8	20031,29	-8989,07	1442,14

V	M1	M2	Jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang							
			P1		P2		P3		P4	
Tonf	Tonf-m	Tonf-m	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
48,4739	3,13757	0,59368	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
75,97001	5,32773	7,83234	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
22,30277	0,22355	8,96267	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
62,38119	11,36081	0,11084	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
35,89159	6,25664	1,01948	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
82,44744	2,72368	1,00853	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
101,6293	2,8374	7,05189	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
64,57322	1,20764	9,06025	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,97993	11,82153	0,88035	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
70,2226	7,77649	1,12801	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,46182	0,71985	0,12027	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,0793	1,11079	6,32246	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,81116	1,62687	6,07547	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
107,9	6,92965	0,23224	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,99048	9,66731	0,01475	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,03822	1,38615	0,18737	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,84301	1,14759	6,53689	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
93,23646	0,58252	6,17215	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
105,629	9,19643	0,28574	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
85,45046	7,46631	0,07899	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,56222	0,70445	0,15704	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,41612	1,14786	6,34533	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,64379	1,58161	6,02461	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
105,7768	7,07677	0,26985	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
86,28307	9,80623	0,05088	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,13024	1,47549	0,19944	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,80133	1,16269	6,4661	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,50742	0,72809	6,07792	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
105,3486	9,3864	0,29964	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
85,96015	7,49562	0,08854	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,75556	0,70126	0,14893	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,37093	1,21435	6,34254	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,08287	1,52552	6,0395	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
106,1104	7,20468	0,25248	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
86,34336	9,94455	0,05056	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,30721	0,63113	0,19171	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,99263	1,01069	6,47398	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,6583	1,32865	6,09995	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
107,7106	7,40168	0,2848	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,94035	9,74101	0,08923	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,84179	0,73959	0,1488	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,39601	1,31634	6,3411	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,21107	1,50835	6,03969	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
107,0645	7,2581	0,24246	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,5426	10,08279	0,05894	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,43998	0,58691	0,19194	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,06925	1,03219	6,47159	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,86647	1,22872	6,09556	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,7283	7,53768	0,27639	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
89,20742	9,79859	0,09964	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,96273	0,73899	0,13878	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,46194	1,37583	6,3328	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,38595	1,45386	6,05281	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
107,2136	7,33234	0,22215	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,63425	10,16204	0,05785	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,58884	0,58504	0,18024	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,17769	1,09177	6,46439	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45

99,05674	1,17236	6,11004	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,9075	7,61531	0,25543	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
89,3269	9,87944	0,09892	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,75838	0,80816	0,13637	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,24557	1,41029	6,32994	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,18736	1,56104	6,05612	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
106,986	7,31258	0,21052	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,44695	10,28391	0,06329	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,36049	0,68011	0,18282	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,9474	1,14065	6,4656	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,83662	1,31419	6,10438	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,6683	7,54931	0,24989	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
89,11569	10,00415	0,11133	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,77941	0,80291	0,12204	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,30971	1,35896	6,3168	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,18017	1,60393	6,07299	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
107,1774	7,34001	0,18912	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,31249	10,30289	0,05468	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,40527	0,64891	0,17887	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,00065	1,06747	6,45962	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,85807	1,32893	6,10459	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,8616	7,62042	0,24027	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
88,99712	10,01682	0,11476	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,73309	0,75303	0,11794	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,32896	1,2608	6,31366	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,0936	1,60245	6,07947	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
106,3904	7,38793	0,18168	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
86,03214	10,25118	0,0525	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,35106	0,67872	0,17948	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,99389	1,04895	6,46073	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,73135	1,4058	6,10266	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,0399	7,59191	0,23919	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,68533	10,04665	0,11888	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,87019	1,38633	0,11245	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,52054	0,93374	6,30438	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,18108	0,49026	6,08252	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,5762	9,48593	0,1768	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
88,12538	8,06193	0,04506	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,07302	0,68195	0,17706	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,77757	1,00273	6,45817	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,38635	1,44926	6,1034	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
107,8096	7,54629	0,23962	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,35435	9,99828	0,11515	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,84291	1,39028	0,10497	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,74613	0,99369	6,29151	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,89497	0,45147	6,0859	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,4657	9,44422	0,17137	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
88,17536	7,99906	0,03424	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,05354	1,44304	0,17125	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,72082	1,17627	6,43972	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,4149	0,6348	6,09531	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
105,6591	9,62741	0,23808	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
85,47666	7,81634	0,10633	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,5565	0,73373	0,14217	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,16574	1,09054	6,34225	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,93937	1,69415	6,06187	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,5366	7,27218	0,21469	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,56855	10,05686	0,06568	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,69816	0,75107	0,19004	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
100,5225	0,95466	6,54018	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,85009	1,60903	6,15909	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
108,8151	7,41744	0,26626	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
87,55747	9,98113	0,11483	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45

83,94387	2,906	1,28506	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
103,1909	3,2398	9,2518	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
66,0554	1,1397	6,68654	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,64626	12,54503	1,39769	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
70,59999	8,16552	1,16756	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
46,35744	3,20844	0,92097	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
73,97796	5,36517	9,24851	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
20,08608	0,14903	7,46097	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
60,61792	11,9464	1,24348	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
33,44612	6,73026	0,54406	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
41,27842	0,60386	1,16554	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
45,75189	0,49274	4,64192	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
34,82713	0,35105	6,98414	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
60,09557	8,66556	1,06648	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
20,48345	8,52387	1,27574	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
41,94402	0,62963	1,50926	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
46,33141	0,5455	7,31915	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
35,52778	0,37779	4,29774	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
61,8279	9,15678	1,57928	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
20,03129	8,98907	1,44214	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45

V/n	(M1*y _i)/Σy ²				(M2*x _i)/Σx ²			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf		
12,11848	1,743094	-1,74309	-1,74309	1,743094	0,329822	0,329822	-0,32982	-0,32982
18,9925	2,95985	-2,95985	-2,95985	2,95985	4,3513	4,3513	-4,3513	-4,3513
5,575693	0,124194	-0,12419	-0,12419	0,124194	4,979261	4,979261	-4,97926	-4,97926
15,5953	6,311561	-6,31156	-6,31156	6,311561	0,061578	0,061578	-0,06158	-0,06158
8,972898	3,475911	-3,47591	-3,47591	3,475911	0,566378	0,566378	-0,56638	-0,56638
20,61186	1,513156	-1,51316	-1,51316	1,513156	0,560294	0,560294	-0,56029	-0,56029
25,40733	1,576333	-1,57633	-1,57633	1,576333	3,917717	3,917717	-3,91772	-3,91772
16,14331	0,670911	-0,67091	-0,67091	0,670911	5,033472	5,033472	-5,03347	-5,03347
23,99498	6,567517	-6,56752	-6,56752	6,567517	0,489083	0,489083	-0,48908	-0,48908
17,55565	4,320272	-4,32027	-4,32027	4,320272	0,626672	0,626672	-0,62667	-0,62667
24,36546	0,399917	-0,39992	-0,39992	0,399917	0,066817	0,066817	-0,06682	-0,06682
24,76983	0,617106	-0,61711	-0,61711	0,617106	3,512478	3,512478	-3,51248	-3,51248
24,20279	0,903817	-0,90382	-0,90382	0,903817	3,375261	3,375261	-3,37526	-3,37526
26,975	3,849806	-3,84981	-3,84981	3,849806	0,129022	0,129022	-0,12902	-0,12902
21,99762	5,370728	-5,37073	-5,37073	5,370728	0,008194	0,008194	-0,00819	-0,00819
24,00956	0,770083	-0,77008	-0,77008	0,770083	0,104094	0,104094	-0,10409	-0,10409
24,46075	0,63755	-0,63755	-0,63755	0,63755	3,631606	3,631606	-3,63161	-3,63161
23,30912	0,323622	-0,32362	-0,32362	0,323622	3,428972	3,428972	-3,42897	-3,42897
26,40725	5,109128	-5,10913	-5,10913	5,109128	0,158744	0,158744	-0,15874	-0,15874
21,36262	4,14795	-4,14795	-4,14795	4,14795	0,043883	0,043883	-0,04388	-0,04388
23,89056	0,391361	-0,39136	-0,39136	0,391361	0,087244	0,087244	-0,08724	-0,08724
24,10403	0,6377	-0,6377	-0,6377	0,6377	3,525183	3,525183	-3,52518	-3,52518
23,91095	0,878672	-0,87867	-0,87867	0,878672	3,347006	3,347006	-3,34701	-3,34701
26,44421	3,931539	-3,93154	-3,93154	3,931539	0,149917	0,149917	-0,14992	-0,14992
21,57077	5,447906	-5,44791	-5,44791	5,447906	0,028267	0,028267	-0,02827	-0,02827
24,03256	0,819717	-0,81972	-0,81972	0,819717	0,1108	0,1108	-0,1108	-0,1108
23,95033	0,645939	-0,64594	-0,64594	0,645939	3,592278	3,592278	-3,59228	-3,59228
23,87686	0,404494	-0,40449	-0,40449	0,404494	3,376622	3,376622	-3,37662	-3,37662
26,33715	5,214667	-5,21467	-5,21467	5,214667	0,166467	0,166467	-0,16647	-0,16647
21,49004	4,164233	-4,16423	-4,16423	4,164233	0,049189	0,049189	-0,04919	-0,04919
23,93889	0,389589	-0,38959	-0,38959	0,389589	0,082739	0,082739	-0,08274	-0,08274
24,09273	0,674639	-0,67464	-0,67464	0,674639	3,523633	3,523633	-3,52363	-3,52363
24,02072	0,847511	-0,84751	-0,84751	0,847511	3,355278	3,355278	-3,35528	-3,35528
26,52761	4,0026	-4,0026	-4,0026	4,0026	0,140267	0,140267	-0,14027	-0,14027
21,58584	5,52475	-5,52475	-5,52475	5,52475	0,028089	0,028089	-0,02809	-0,02809
24,5768	0,350628	-0,35063	-0,35063	0,350628	0,106506	0,106506	-0,10651	-0,10651
24,49816	0,561494	-0,56149	-0,56149	0,561494	3,596656	3,596656	-3,59666	-3,59666
24,41458	0,738139	-0,73814	-0,73814	0,738139	3,388861	3,388861	-3,38886	-3,38886
26,92765	4,112044	-4,11204	-4,11204	4,112044	0,158222	0,158222	-0,15822	-0,15822
21,98509	5,411672	-5,41167	-5,41167	5,411672	0,049572	0,049572	-0,04957	-0,04957
24,21045	0,410883	-0,41088	-0,41088	0,410883	0,082667	0,082667	-0,08267	-0,08267
24,349	0,7313	-0,7313	-0,7313	0,7313	3,522833	3,522833	-3,52283	-3,52283
24,30277	0,837972	-0,83797	-0,83797	0,837972	3,355383	3,355383	-3,35538	-3,35538
26,76612	4,032278	-4,03228	-4,03228	4,032278	0,1347	0,1347	-0,1347	-0,1347
21,88565	5,60155	-5,60155	-5,60155	5,60155	0,032744	0,032744	-0,03274	-0,03274
24,86	0,326061	-0,32606	-0,32606	0,326061	0,106633	0,106633	-0,10663	-0,10663
24,76731	0,573439	-0,57344	-0,57344	0,573439	3,595328	3,595328	-3,59533	-3,59533
24,71662	0,682622	-0,68262	-0,68262	0,682622	3,386422	3,386422	-3,38642	-3,38642
27,18207	4,1876	-4,1876	-4,1876	4,1876	0,15355	0,15355	-0,15355	-0,15355
22,30186	5,443661	-5,44366	-5,44366	5,443661	0,055356	0,055356	-0,05536	-0,05536
24,24068	0,41055	-0,41055	-0,41055	0,41055	0,0771	0,0771	-0,0771	-0,0771
24,36549	0,76435	-0,76435	-0,76435	0,76435	3,518222	3,518222	-3,51822	-3,51822
24,34649	0,8077	-0,8077	-0,8077	0,8077	3,362672	3,362672	-3,36267	-3,36267
26,80341	4,073522	-4,07352	-4,07352	4,073522	0,123417	0,123417	-0,12342	-0,12342
21,90856	5,645578	-5,64558	-5,64558	5,645578	0,032139	0,032139	-0,03214	-0,03214
24,89721	0,325022	-0,32502	-0,32502	0,325022	0,100133	0,100133	-0,10013	-0,10013
24,79442	0,606539	-0,60654	-0,60654	0,606539	3,591328	3,591328	-3,59133	-3,59133

24,76419	0,651311	-0,65131	-0,65131	0,651311	3,394467	3,394467	-3,39447	-3,39447
27,22689	4,230728	-4,23073	-4,23073	4,230728	0,141906	0,141906	-0,14191	-0,14191
22,33173	5,488578	-5,48858	-5,48858	5,488578	0,054956	0,054956	-0,05496	-0,05496
24,1896	0,448978	-0,44898	-0,44898	0,448978	0,075761	0,075761	-0,07576	-0,07576
24,31139	0,783494	-0,78349	-0,78349	0,783494	3,516633	3,516633	-3,51663	-3,51663
24,29684	0,867244	-0,86724	-0,86724	0,867244	3,364511	3,364511	-3,36451	-3,36451
26,7465	4,062544	-4,06254	-4,06254	4,062544	0,116956	0,116956	-0,11696	-0,11696
21,86174	5,713283	-5,71328	-5,71328	5,713283	0,035161	0,035161	-0,03516	-0,03516
24,84012	0,377839	-0,37784	-0,37784	0,377839	0,101567	0,101567	-0,10157	-0,10157
24,73685	0,633694	-0,63369	-0,63369	0,633694	3,592	3,592	-3,592	-3,592
24,70916	0,730106	-0,73011	-0,73011	0,730106	3,391322	3,391322	-3,39132	-3,39132
27,16708	4,194061	-4,19406	-4,19406	4,194061	0,138828	0,138828	-0,13883	-0,13883
22,27892	5,557861	-5,55786	-5,55786	5,557861	0,06185	0,06185	-0,06185	-0,06185
24,19485	0,446061	-0,44606	-0,44606	0,446061	0,0678	0,0678	-0,0678	-0,0678
24,32743	0,754978	-0,75498	-0,75498	0,754978	3,509333	3,509333	-3,50933	-3,50933
24,29504	0,891072	-0,89107	-0,89107	0,891072	3,373883	3,373883	-3,37388	-3,37388
26,79435	4,077783	-4,07778	-4,07778	4,077783	0,105067	0,105067	-0,10507	-0,10507
21,82812	5,723828	-5,72383	-5,72383	5,723828	0,030378	0,030378	-0,03038	-0,03038
24,85132	0,360506	-0,36051	-0,36051	0,360506	0,099372	0,099372	-0,09937	-0,09937
24,75016	0,593039	-0,59304	-0,59304	0,593039	3,588678	3,588678	-3,58868	-3,58868
24,71452	0,738294	-0,73829	-0,73829	0,738294	3,391439	3,391439	-3,39144	-3,39144
27,2154	4,233567	-4,23357	-4,23357	4,233567	0,133483	0,133483	-0,13348	-0,13348
22,24928	5,5649	-5,5649	-5,5649	5,5649	0,063756	0,063756	-0,06376	-0,06376
23,93327	0,41835	-0,41835	-0,41835	0,41835	0,065522	0,065522	-0,06552	-0,06552
24,08224	0,700444	-0,70044	-0,70044	0,700444	3,507589	3,507589	-3,50759	-3,50759
24,0234	0,89025	-0,89025	-0,89025	0,89025	3,377483	3,377483	-3,37748	-3,37748
26,59761	4,104406	-4,10441	-4,10441	4,104406	0,100933	0,100933	-0,10093	-0,10093
21,50804	5,6951	-5,6951	-5,6951	5,6951	0,029167	0,029167	-0,02917	-0,02917
24,58777	0,377067	-0,37707	-0,37707	0,377067	0,099711	0,099711	-0,09971	-0,09971
24,49847	0,58275	-0,58275	-0,58275	0,58275	3,589294	3,589294	-3,58929	-3,58929
24,43284	0,781	-0,781	-0,781	0,781	3,390367	3,390367	-3,39037	-3,39037
27,00998	4,217728	-4,21773	-4,21773	4,217728	0,132883	0,132883	-0,13288	-0,13288
21,92133	5,581472	-5,58147	-5,58147	5,581472	0,066044	0,066044	-0,06604	-0,06604
24,46755	0,770183	-0,77018	-0,77018	0,770183	0,062472	0,062472	-0,06247	-0,06247
24,63014	0,518744	-0,51874	-0,51874	0,518744	3,502433	3,502433	-3,50243	-3,50243
24,54527	0,272367	-0,27237	-0,27237	0,272367	3,379178	3,379178	-3,37918	-3,37918
27,14406	5,269961	-5,26996	-5,26996	5,269961	0,098222	0,098222	-0,09822	-0,09822
22,03135	4,47885	-4,47885	-4,47885	4,47885	0,025033	0,025033	-0,02503	-0,02503
24,51826	0,378861	-0,37886	-0,37886	0,378861	0,098367	0,098367	-0,09837	-0,09837
24,44439	0,557072	-0,55707	-0,55707	0,557072	3,587872	3,587872	-3,58787	-3,58787
24,34659	0,805144	-0,80514	-0,80514	0,805144	3,390778	3,390778	-3,39078	-3,39078
26,95239	4,192383	-4,19238	-4,19238	4,192383	0,133122	0,133122	-0,13312	-0,13312
21,83859	5,5546	-5,5546	-5,5546	5,5546	0,063972	0,063972	-0,06397	-0,06397
24,46073	0,772378	-0,77238	-0,77238	0,772378	0,058317	0,058317	-0,05832	-0,05832
24,68653	0,55205	-0,55205	-0,55205	0,55205	3,495283	3,495283	-3,49528	-3,49528
24,47374	0,250817	-0,25082	-0,25082	0,250817	3,381056	3,381056	-3,38106	-3,38106
27,11644	5,246789	-5,24679	-5,24679	5,246789	0,095206	0,095206	-0,09521	-0,09521
22,04384	4,443922	-4,44392	-4,44392	4,443922	0,019022	0,019022	-0,01902	-0,01902
24,01339	0,801689	-0,80169	-0,80169	0,801689	0,095139	0,095139	-0,09514	-0,09514
23,93021	0,653483	-0,65348	-0,65348	0,653483	3,577622	3,577622	-3,57762	-3,57762
23,85373	0,352667	-0,35267	-0,35267	0,352667	3,386283	3,386283	-3,38628	-3,38628
26,41477	5,348561	-5,34856	-5,34856	5,348561	0,132267	0,132267	-0,13227	-0,13227
21,36917	4,342411	-4,34241	-4,34241	4,342411	0,059072	0,059072	-0,05907	-0,05907
24,38913	0,407628	-0,40763	-0,40763	0,407628	0,078983	0,078983	-0,07898	-0,07898
24,79144	0,605856	-0,60586	-0,60586	0,605856	3,523472	3,523472	-3,52347	-3,52347
24,23484	0,941194	-0,94119	-0,94119	0,941194	3,367706	3,367706	-3,36771	-3,36771
27,13414	4,0401	-4,0401	-4,0401	4,0401	0,119272	0,119272	-0,11927	-0,11927
21,89214	5,587144	-5,58714	-5,58714	5,587144	0,036489	0,036489	-0,03649	-0,03649
24,67454	0,417261	-0,41726	-0,41726	0,417261	0,105578	0,105578	-0,10558	-0,10558
25,13063	0,530367	-0,53037	-0,53037	0,530367	3,633433	3,633433	-3,63343	-3,63343
23,96252	0,893906	-0,89391	-0,89391	0,893906	3,421717	3,421717	-3,42172	-3,42172
27,20378	4,1208	-4,1208	-4,1208	4,1208	0,147922	0,147922	-0,14792	-0,14792
21,88937	5,545072	-5,54507	-5,54507	5,545072	0,063794	0,063794	-0,06379	-0,06379

20,98597	1,614444	-1,61444	-1,61444	1,614444	0,713922	0,713922	-0,71392	-0,71392
25,79772	1,799889	-1,79989	-1,79989	1,799889	5,139889	5,139889	-5,13989	-5,13989
16,51385	0,633167	-0,63317	-0,63317	0,633167	3,714744	3,714744	-3,71474	-3,71474
24,66157	6,969461	-6,96946	-6,96946	6,969461	0,776494	0,776494	-0,77649	-0,77649
17,65	4,5364	-4,5364	-4,5364	4,5364	0,648644	0,648644	-0,64864	-0,64864
11,58936	1,782467	-1,78247	-1,78247	1,782467	0,51165	0,51165	-0,51165	-0,51165
18,49449	2,98065	-2,98065	-2,98065	2,98065	5,138061	5,138061	-5,13806	-5,13806
5,02152	0,082794	-0,08279	-0,08279	0,082794	4,144983	4,144983	-4,14498	-4,14498
15,15448	6,636889	-6,63689	-6,63689	6,636889	0,690822	0,690822	-0,69082	-0,69082
8,36153	3,739033	-3,73903	-3,73903	3,739033	0,302256	0,302256	-0,30226	-0,30226
10,31961	0,335478	-0,33548	-0,33548	0,335478	0,647522	0,647522	-0,64752	-0,64752
11,43797	0,273744	-0,27374	-0,27374	0,273744	2,578844	2,578844	-2,57884	-2,57884
8,706783	0,195028	-0,19503	-0,19503	0,195028	3,880078	3,880078	-3,88008	-3,88008
15,02389	4,8142	-4,8142	-4,8142	4,8142	0,592489	0,592489	-0,59249	-0,59249
5,120863	4,735483	-4,73548	-4,73548	4,735483	0,708744	0,708744	-0,70874	-0,70874
10,48601	0,349794	-0,34979	-0,34979	0,349794	0,838478	0,838478	-0,83848	-0,83848
11,58285	0,303056	-0,30306	-0,30306	0,303056	4,066194	4,066194	-4,06619	-4,06619
8,881945	0,209883	-0,20988	-0,20988	0,209883	2,387633	2,387633	-2,38763	-2,38763
15,45698	5,0871	-5,0871	-5,0871	5,0871	0,877378	0,877378	-0,87738	-0,87738
5,007823	4,993928	-4,99393	-4,99393	4,993928	0,801189	0,801189	-0,80119	-0,80119

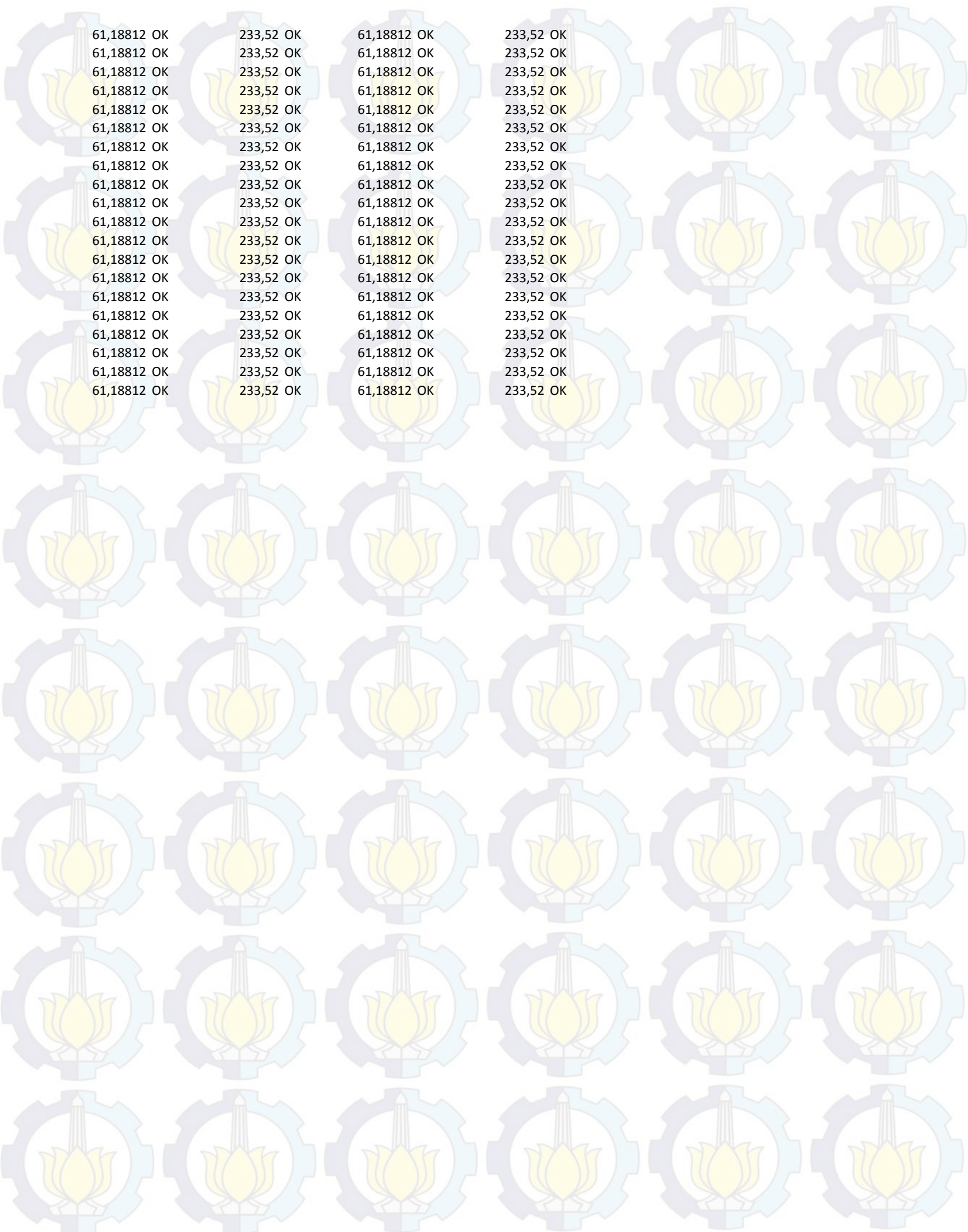
P akibat beban				P1				P2			
P1	P2	P3	P4	ijin tana	Kontrol	P bahan	Kontrol	ijin tana	Kontrol	P bahan	Kontrol
Tonf	Tonf			Tonf		Tonf		Tonf		Tonf	
14,19139	10,7052	10,04556	13,53175	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
26,30365	20,38395	11,68135	17,60105	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
10,67915	10,43076	0,472237	0,720626	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
21,96844	9,345314	9,222159	21,84528	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
13,01519	6,063364	4,930609	11,88243	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
22,68531	19,659	18,53841	21,56472	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,90138	27,74871	19,91328	23,06594	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
21,84769	20,50587	10,43892	11,78074	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,05158	17,91655	16,93838	30,07342	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
22,50259	13,86205	12,60871	21,24925	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,83219	24,03236	23,89872	24,69856	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,89941	27,6652	20,64024	21,87445	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,48187	26,67423	19,92371	21,73135	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,95383	23,25421	22,99617	30,69578	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,37654	16,63509	16,6187	27,36015	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,88373	23,34357	23,13538	24,67554	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,72991	27,45481	20,1916	21,4667	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,06171	26,41447	19,55652	20,20377	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,67512	21,45687	21,13938	31,35764	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,55445	17,25855	17,17078	25,46668	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,36916	23,58644	23,41195	24,19467	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,26691	26,99151	19,94115	21,21655	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,13663	26,37928	19,68527	21,44261	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,52566	22,66259	22,36275	30,22583	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,04694	16,15113	16,0946	26,99041	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,96308	23,32364	23,10204	24,74148	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,18855	26,89667	19,71212	21,00399	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,65797	26,84898	20,09574	20,90473	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,71828	21,28895	20,95602	31,38535	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,70346	17,37499	17,27662	25,60508	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,41122	23,63204	23,46656	24,24574	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,291	26,94173	19,89446	21,24374	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,22351	26,52848	19,81793	21,51295	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,67047	22,66527	22,38474	30,38994	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,13868	16,08918	16,033	27,0825	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,03394	24,33268	24,11967	24,82092	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,65631	27,53332	20,34001	21,463	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,54158	27,0653	20,28758	21,76385	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,19791	22,97383	22,65738	30,88147	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,44633	16,62299	16,52384	27,34719	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,704	23,88223	23,7169	24,53866	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,60314	27,14054	20,09487	21,55747	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,49612	26,82018	20,10941	21,78536	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,9331	22,86854	22,59914	30,6637	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,51994	16,31684	16,25136	27,45446	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,29269	24,64057	24,4273	25,07942	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,93608	27,7892	20,59855	21,74542	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,78566	27,42042	20,64757	22,01282	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,52322	23,14802	22,84092	31,21612	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,80087	16,91355	16,80284	27,69016	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,72833	23,90723	23,75303	24,57413	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,64806	27,11936	20,08291	21,61161	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,51686	26,90146	20,17612	21,79152	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,00035	22,8533	22,60647	30,75352	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,58628	16,29512	16,23085	27,522	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,32237	24,67232	24,47205	25,1221	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,99229	27,77921	20,59656	21,80963	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK

28,80996	27,50734	20,71841	22,02103	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,59952	23,13806	22,85425	31,31571	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,87526	16,8981	16,78819	27,76535	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,71433	23,81638	23,66486	24,56281	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,61152	27,04453	20,01126	21,57825	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,5286	26,79411	20,06508	21,79957	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,926	22,80091	22,567	30,69208	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,61018	16,18362	16,11329	27,53986	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,31953	24,56385	24,36072	25,11639	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,96254	27,69516	20,51116	21,77854	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,83058	27,37037	20,58773	22,04794	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,49997	23,11185	22,83419	31,22232	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,89863	16,78291	16,65921	27,77493	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,70871	23,81659	23,68099	24,57311	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,59174	27,08178	20,06312	21,57307	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,56	26,77785	20,03009	21,81223	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,9772	22,82163	22,6115	30,76706	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,58233	16,13467	16,07392	27,52157	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,3112	24,59018	24,39144	25,11245	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,93188	27,7458	20,56845	21,75452	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,84425	27,36766	20,58478	22,06137	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,58245	23,11532	22,84835	31,31548	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,87794	16,74814	16,62062	27,75042	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,41714	23,58044	23,4494	24,2861	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,29027	26,88938	19,87421	21,2751	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,29113	26,51063	19,75567	21,53617	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
30,80294	22,59413	22,39227	30,60108	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,2323	15,8421	15,78377	27,17397	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,06454	24,31041	24,11099	24,86512	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,67052	27,50502	20,32643	21,49193	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,6042	27,0422	20,26147	21,82347	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,36059	22,92513	22,65937	31,09482	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,56885	16,4059	16,27382	27,43676	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,3002	23,75984	23,63489	25,17526	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,65131	27,61382	20,60896	21,64645	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,19681	27,65208	20,89373	21,43846	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
32,51224	21,97232	21,77588	32,3158	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
26,53523	17,57753	17,52746	26,48516	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,99548	24,23776	24,04103	24,79875	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,58934	27,47519	20,29945	21,41359	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,54251	26,93222	20,15067	21,76095	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,2779	22,89313	22,62689	31,01165	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,45716	16,34796	16,22002	27,32922	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,29142	23,74667	23,63003	25,17479	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,73387	27,62977	20,6392	21,7433	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,10561	27,60398	20,84187	21,3435	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
32,45843	21,96485	21,77444	32,26802	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
26,50678	17,61894	17,5809	26,46874	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,91021	23,30684	23,11656	24,71994	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,16131	26,85434	19,6991	21,00607	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,59268	26,88734	20,11478	20,82011	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,8956	21,19847	20,93394	31,63106	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,77065	17,08583	16,96768	25,6525	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
24,87574	24,06048	23,90251	24,71777	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,92076	27,70905	20,66211	21,87382	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,54374	26,66135	19,92594	21,80833	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,29351	23,21331	22,97477	31,05497	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,51577	16,34148	16,2685	27,44279	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
25,19738	24,36286	24,1517	24,98622	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
29,29443	28,23369	20,96683	22,02756	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
28,27814	26,49033	19,6469	21,43471	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
31,4725	23,2309	22,93506	31,17666	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK
27,49823	16,40809	16,2805	27,37065	61,18812	OK	233,52	OK	61,18812	OK	233,52	OK

23,31433	20,08545	18,6576	21,88649	61,18812	OK
32,73749	29,13772	18,85794	22,45772	61,18812	OK
20,86176	19,59543	12,16594	13,43227	61,18812	OK
32,40752	18,4686	16,91561	30,85453	61,18812	OK
22,83504	13,76224	12,46495	21,53775	61,18812	OK
13,88348	10,31854	9,295243	12,86018	61,18812	OK
26,6132	20,6519	10,37578	16,33708	61,18812	OK
9,249298	9,083709	0,793742	0,959331	61,18812	OK
22,48219	9,208413	7,826769	21,10055	61,18812	OK
12,40282	4,924752	4,320241	11,79831	61,18812	OK
11,30261	10,63165	9,336605	10,00756	61,18812	OK
14,29056	13,74307	8,585384	9,132873	61,18812	OK
12,78189	12,39183	4,631677	5,021733	61,18812	OK
20,43058	10,80218	9,617204	19,2456	61,18812	OK
10,56509	1,094124	-0,32337	9,147601	61,18812	OK
11,67428	10,97469	9,297733	9,997322	61,18812	OK
15,9521	15,34599	7,213603	7,819714	61,18812	OK
11,47946	11,0597	6,284428	6,704195	61,18812	OK
21,42145	11,24725	9,492497	19,6667	61,18812	OK
10,80294	0,815084	-0,78729	9,200561	61,18812	OK

[illegible]

[illegible]



jumlah tiang pancang

=

4

TABLE: Joint Reactions

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
124	1D + 1L	Combination	486,14	393,62	49136,39	2552,09	-565,16
127	1D + 1L	Combination	-342,49	733,1	83101,27	2022,52	-1004,18
130	1D + 1L	Combination	56,38	1546,35	97945,23	-1368,83	123,49
133	1D + 1L	Combination	95,26	-1293,8	95539,73	865,06	182,37
134	1D + 1L	Combination	88,6	1547,66	96029,95	-1364,73	160,36
137	1D + 1L	Combination	106,54	-1360,32	95654,37	945,39	194,09
138	1D + 1L	Combination	82,18	1555,18	96226,9	-1369,94	151,52
141	1D + 1L	Combination	101,6	-1369,71	97825,47	-1169,67	187,02
142	1D + 1L	Combination	82,96	1596,01	97303,54	-1412,34	150,7
145	1D + 1L	Combination	103,55	-1407,37	98967,86	-1130,45	188,01
146	1D + 1L	Combination	74,83	1599,57	97423,94	-1414,85	140
149	1D + 1L	Combination	95,45	-1407,62	99117,22	-1132,06	177,18
150	1D + 1L	Combination	74,33	1631,91	97216,47	-1485,67	136,91
153	1D + 1L	Combination	98,67	-1352,2	98892,01	-1227,42	180,61
154	1D + 1L	Combination	64,38	1631,49	97244,94	-1481,44	121,9
157	1D + 1L	Combination	95,45	-1371,39	98929,36	-1198,2	177,52
158	1D + 1L	Combination	62,48	1587,57	96211,28	-1431,63	117,09
161	1D + 1L	Combination	97,13	-1339,45	97862,62	-1227,37	179,04
162	1D + 1L	Combination	59,07	1573,77	98350,81	712	110,93
165	1D + 1L	Combination	96,39	-1337,17	97581,96	-1225,99	177,39
166	1D + 1L	Combination	53,41	1566,89	98320,55	722,58	102,81
169	1D + 1L	Combination	92,66	-1339,36	95567,86	905,54	172,21
170	1D + 1L	Combination	86,17	1559,04	98052,56	-1392,34	140,19
173	1D + 1L	Combination	109,25	-1283,26	98186,29	-1281,84	190,55
174	1D + 1L	Combination	582,01	724,75	84623,13	2189,75	1282,63
177	1D + 1L	Combination	-205,86	339,15	47032,02	2608,07	893,77
180	1D + 1L	Combination	515,4	-278,58	40289,51	70,84	-1171,11
181	1D + 1L	Combination	-339,83	-287,78	40929,6	83,86	1510,71

V	M1	M2	Jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang							
			P1		P2		P3		P4	
Tonf	Tonf-m	Tonf-m	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
49,13639	2,55209	0,56516	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
83,10127	2,02252	1,00418	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,94523	1,36883	0,12349	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,53973	0,86506	0,18237	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,02995	1,36473	0,16036	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,65437	0,94539	0,19409	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,2269	1,36994	0,15152	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,82547	1,16967	0,18702	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,30354	1,41234	0,1507	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,96786	1,13045	0,18801	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,42394	1,41485	0,14	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
99,11722	1,13206	0,17718	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,21647	1,48567	0,13691	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,89201	1,22742	0,18061	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,24494	1,48144	0,1219	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,92936	1,1982	0,17752	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
96,21128	1,43163	0,11709	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,86262	1,22737	0,17904	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,35081	0,712	0,11093	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
97,58196	1,22599	0,17739	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,32055	0,72258	0,10281	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
95,56786	0,90554	0,17221	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,05256	1,39234	0,14019	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
98,18629	1,28184	0,19055	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
84,62313	2,18975	1,28263	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
47,03202	2,60807	0,89377	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
40,28951	0,07084	1,17111	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45
40,9296	0,08386	1,51071	0,450	0,45	0,450	-0,45	-0,450	-0,45	-0,450	0,45

V/n	$(M1*y_i)/\Sigma y^2$				$(M2*x_i)/\Sigma x^2$				P akiba	
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2
Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf			Tonf	Tonf
12,2841	1,417828	-1,417828	-1,417828	1,417828	0,313978	0,313978	-0,313978	-0,313978	14,0159	11,18025
20,77532	1,123622	-1,123622	-1,123622	1,123622	0,557878	0,557878	-0,557878	-0,557878	22,45682	20,20957
24,48631	0,760461	-0,760461	-0,760461	0,760461	0,068606	0,068606	-0,068606	-0,068606	25,31537	23,79445
23,88493	0,480589	-0,480589	-0,480589	0,480589	0,101317	0,101317	-0,101317	-0,101317	24,46684	23,50566
24,00749	0,758183	-0,758183	-0,758183	0,758183	0,089089	0,089089	-0,089089	-0,089089	24,85476	23,33839
23,91359	0,525217	-0,525217	-0,525217	0,525217	0,107828	0,107828	-0,107828	-0,107828	24,54664	23,4962
24,05673	0,761078	-0,761078	-0,761078	0,761078	0,084178	0,084178	-0,084178	-0,084178	24,90198	23,37983
24,45637	0,649817	-0,649817	-0,649817	0,649817	0,1039	0,1039	-0,1039	-0,1039	25,21008	23,91045
24,32589	0,784633	-0,784633	-0,784633	0,784633	0,083722	0,083722	-0,083722	-0,083722	25,19424	23,62497
24,74197	0,628028	-0,628028	-0,628028	0,628028	0,10445	0,10445	-0,10445	-0,10445	25,47444	24,21839
24,35599	0,786028	-0,786028	-0,786028	0,786028	0,077778	0,077778	-0,077778	-0,077778	25,21979	23,64774
24,77931	0,628922	-0,628922	-0,628922	0,628922	0,098433	0,098433	-0,098433	-0,098433	25,50666	24,24882
24,30412	0,825372	-0,825372	-0,825372	0,825372	0,076061	0,076061	-0,076061	-0,076061	25,20555	23,55481
24,723	0,6819	-0,6819	-0,6819	0,6819	0,100339	0,100339	-0,100339	-0,100339	25,50524	24,14144
24,31124	0,823022	-0,823022	-0,823022	0,823022	0,067722	0,067722	-0,067722	-0,067722	25,20198	23,55594
24,73234	0,665667	-0,665667	-0,665667	0,665667	0,098622	0,098622	-0,098622	-0,098622	25,49663	24,1653
24,05282	0,79535	-0,79535	-0,79535	0,79535	0,06505	0,06505	-0,06505	-0,06505	24,91322	23,32252
24,46566	0,681872	-0,681872	-0,681872	0,681872	0,099467	0,099467	-0,099467	-0,099467	25,24699	23,88325
24,5877	0,395556	-0,395556	-0,395556	0,395556	0,061628	0,061628	-0,061628	-0,061628	25,04489	24,25377
24,39549	0,681106	-0,681106	-0,681106	0,681106	0,09855	0,09855	-0,09855	-0,09855	25,17515	23,81293
24,58014	0,401433	-0,401433	-0,401433	0,401433	0,057117	0,057117	-0,057117	-0,057117	25,03869	24,23582
23,89197	0,503078	-0,503078	-0,503078	0,503078	0,095672	0,095672	-0,095672	-0,095672	24,49072	23,48456
24,51314	0,773522	-0,773522	-0,773522	0,773522	0,077883	0,077883	-0,077883	-0,077883	25,36455	23,8175
24,54657	0,712133	-0,712133	-0,712133	0,712133	0,105861	0,105861	-0,105861	-0,105861	25,36457	23,9403
21,15578	1,216528	-1,216528	-1,216528	1,216528	0,712572	0,712572	-0,712572	-0,712572	23,08488	20,65183
11,75801	1,448928	-1,448928	-1,448928	1,448928	0,496539	0,496539	-0,496539	-0,496539	13,70347	10,80562
10,07238	0,039356	-0,039356	-0,039356	0,039356	0,650617	0,650617	-0,650617	-0,650617	10,76235	10,68364
10,2324	0,046589	-0,046589	-0,046589	0,046589	0,839283	0,839283	-0,839283	-0,839283	11,11827	11,02509

t beban		P1				P2			
P3	P4	ijin tana	Kontrol	P bahan	Kontrol	ijin tana	Kontrol	P bahan	Kontrol
		Tonf		Tonf		Tonf		Tonf	
10,55229	13,38795	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
19,09382	21,34106	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,65724	25,17816	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,30303	24,2642	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,16022	24,67658	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,28055	24,33098	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,21147	24,73363	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,70265	25,00228	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,45753	25,0268	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
24,00949	25,26554	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,49218	25,06424	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
24,05195	25,30979	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,40268	25,05343	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,94076	25,30456	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,42049	25,06654	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,96805	25,29938	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,19242	24,78312	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,68432	25,04806	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
24,13052	24,92163	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,61583	24,97805	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
24,12159	24,92445	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,29322	24,29937	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,66173	25,20878	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
23,72858	25,15284	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
19,22668	21,65974	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
9,812538	12,71039	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
9,382405	9,461116	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK
9,346528	9,439706	40,79208	OK	233,52	OK	40,79208	OK	233,52	OK

[illegible]

GESER PONS SATU ARAH AKIBAT TIANG PANCANG

P tiang pancang 1 = 189925,03 N

P tiang pancang 2 = 189925,03 N

P tiang pancang 3 = 189925,03 N

Vu1 = 379850,05 N

Vu 2 = 379850,05 N

$$\begin{aligned} \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times d \times B &\geq Vu1 \\ 0,8 \times 0,167 \times 5,4772256 \times 500 \times 1800 &\geq 379850,1 \\ 1314,534138 \times 500 &\geq 379850,1 \\ 657267,07 &\geq 379850,05 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times d \times L &\geq Vu2 \\ 0,8 \times 0,167 \times 5,4772256 \times 500 \times 1800 &\geq 379850,1 \\ 1314,534138 \times 500 &\geq 379850,1 \\ 657267,069 &\geq 288,9617234 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

GESER PONS DUA ARAH AKIBAT TIANG PANCANG

P tiang pancang 1 = 189925
P tiang pancang 2 = 189925
P tiang pancang 3 = 189925
P tiang pancang 4 = 189925

kell O TP1 = 3200
kell O TP2 = 3200
kell O TP3 = 3200
kell O TP4 = 3200

Vu1 = 189925,03
Vu2 = 189925,03
Vu3 = 189925,03
Vu4 = 189925,03

Vc = 14788509 N

$$\begin{array}{rclclclclcl} \phi & \times & Vc & \times & kell\ O\ 1 & \times & d & \geq & Vu1 \\ 0,8 & \times & 14788509 & \times & 3200 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & 37858583175 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & & & 1,89293E+13 & \geq & 189925,025 \quad OK \end{array}$$

$$\begin{array}{rclclclclcl} \phi & \times & Vc & \times & kell\ O\ 2 & \times & d & \geq & Vu2 \\ 0,8 & \times & 14788509 & \times & 3200 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & 37858583175 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & & & 1,89E+13 & \geq & 189925,025 \quad OK \end{array}$$

$$\begin{array}{rclclclclcl} \phi & \times & Vc & \times & kell\ O\ 3 & \times & d & \geq & Vu3 \\ 0,8 & \times & 14788509 & \times & 3200 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & 37858583175 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & & & 1,89E+13 & \geq & 189925,025 \quad OK \end{array}$$

$$\begin{array}{rclclclclcl} \phi & \times & Vc & \times & kell\ O\ 4 & \times & d & \geq & Vu4 \\ 0,8 & \times & 14788509 & \times & 3200 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & 37858583175 & \times & 500 & \geq & 189925,03 \\ & & & & & & 1,89E+13 & \geq & 189925,025 \quad OK \end{array}$$

Pile Description

Steel/ Concrete	C
Diameter	0,3 m
S (Jarak antar Tiang)	0,9 m
m	2
n	2
θ	18,435
jumlah tiang pancang	4

x

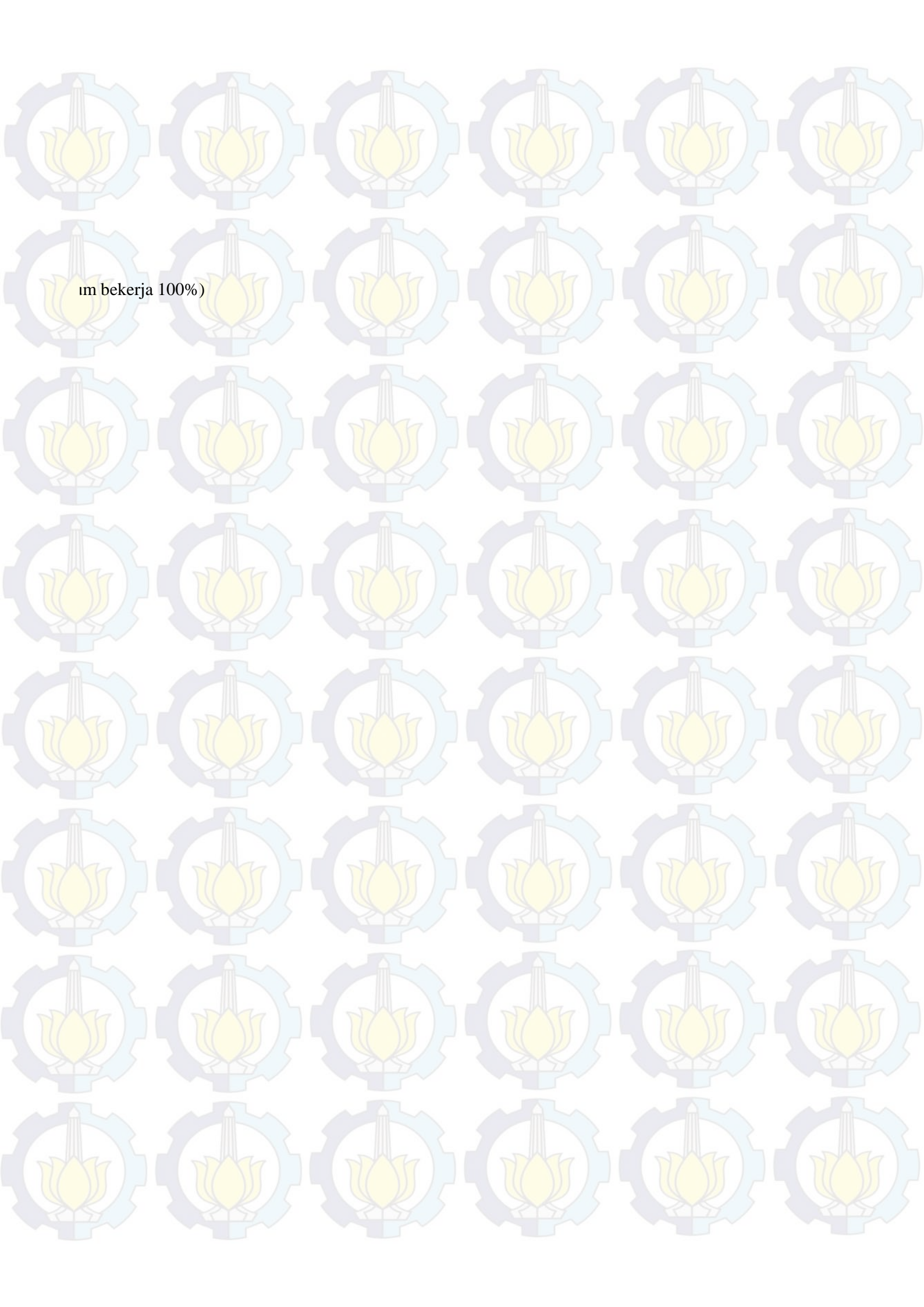
0,3 m

Depth	Description	N- SPT	(N1+N2)	Friction	S Friction	Bearing	Pu	Pijin
m	S / C		2	Ton/m ²	Ton	Ton	Ton	Ton
								SF= 3,00
1	C	3	1,5	3	3,6	5,4	9	3
2	C	3	3	3	3,6	10,8	14,4	4,8
3	C	10	8,25	10	12	29,7	41,7	13,9
4	C	12	11,5	12	14,4	41,4	55,8	18,6
5	C	15	14,25	12	14,4	51,3	65,7	21,9
6	C	18	17,25	12	14,4	62,1	76,5	25,5
7	C	19	18,75	12	14,4	67,5	81,9	27,3
8	C	22	21,25	12	14,4	76,5	90,9	30,3
9	C	23	22,75	12	14,4	81,9	96,3	32,1
10	C	25	24,5	12	14,4	88,2	102,6	34,2
11	C	26	25,75	12	14,4	92,7	107,1	35,7
12	C	28	27,5	12	14,4	99	113,4	37,8
13	C	30	29,5	12	14,4	106,2	120,6	40,2
14	C	35	33,75	12	14,4	121,5	135,9	45,3
15	C	40	38,75	12	14,4	139,5	153,9	51,3
16	C	38	38,5	12	14,4	138,6	153	51
17	C	34	35	12	14,4	126	140,4	46,8
18	C	32	32,5	12	14,4	117	131,4	43,8
19	C	30	30,5	12	14,4	109,8	124,2	41,4
20	C	30	30	12	14,4	108	122,4	40,8
21	C	32	31,5	12	14,4	113,4	127,8	42,6
22	C	35	34,25	12	14,4	123,3	137,7	45,9
23	C	37	36,5	12	14,4	131,4	145,8	48,6
24	C	37	37	12	14,4	133,2	147,6	49,2
25	C	37	37	12	14,4	133,2	147,6	49,2
26	C	37	37	12	14,4	133,2	147,6	49,2
27	C	38	37,75	12	14,4	135,9	150,3	50,1
28	C	38	38	12	14,4	136,8	151,2	50,4
29	C	38	38	12	14,4	136,8	151,2	50,4
30	C	37	37,25	12	14,4	134,1	148,5	49,5
31	C	41	40	12	14,4	144	158,4	52,8
32	C	47	45,5	12	14,4	163,8	178,2	59,4
33	C	50	49,25	12	14,4	177,3	191,7	63,9
34	C	52	51,5	12	14,4	185,4	199,8	66,6
35	C	55	54,25	12	14,4	195,3	209,7	69,9

Kontrol Pu Pemancangan
(Saat pemancangan friction belu

Pijin Ton	Efisiensi Kelompok Tiang	Pijin*Eg Ton SF= 3,00	Pijin*Eg Ton SF= 2,00	Pu bahan Ton	Kontrol Pu bahan > Pu tanah
4,5	0,795167	2,385502	3,578253	233,52	OK
7,2	0,795167	3,816803	5,725204	233,52	OK
20,85	0,795167	11,05282	16,57924	233,52	OK
27,9	0,795167	14,79011	22,18517	233,52	OK
32,85	0,795167	17,41416	26,12124	233,52	OK
38,25	0,795167	20,27676	30,41515	233,52	OK
40,95	0,795167	21,70807	32,5621	233,52	OK
45,45	0,795167	24,09357	36,14035	233,52	OK
48,15	0,795167	25,52487	38,2873	233,52	OK
51,3	0,795167	27,19472	40,79208	233,52	OK
53,55	0,795167	28,38747	42,58121	233,52	OK
56,7	0,795167	30,05732	45,08598	233,52	OK
60,3	0,795167	31,96572	47,94858	233,52	OK
67,95	0,795167	36,02108	54,03161	233,52	OK
76,95	0,795167	40,79208	61,18812	233,52	OK
76,5	0,795167	40,55353	60,83029	233,52	OK
70,2	0,795167	37,21383	55,82074	233,52	OK
65,7	0,795167	34,82832	52,24249	233,52	OK
62,1	0,795167	32,91992	49,37989	233,52	OK
61,2	0,795167	32,44282	48,66423	233,52	OK
63,9	0,795167	33,87412	50,81119	233,52	OK
68,85	0,795167	36,49818	54,74726	233,52	OK
72,9	0,795167	38,64513	57,96769	233,52	OK
73,8	0,795167	39,12223	58,68334	233,52	OK
73,8	0,795167	39,12223	58,68334	233,52	OK
73,8	0,795167	39,12223	58,68334	233,52	OK
75,15	0,795167	39,83788	59,75682	233,52	OK
75,6	0,795167	40,07643	60,11464	233,52	OK
75,6	0,795167	40,07643	60,11464	233,52	OK
74,25	0,795167	39,36078	59,04117	233,52	OK
79,2	0,795167	41,98483	62,97725	233,52	OK
89,1	0,795167	47,23293	70,8494	233,52	OK
95,85	0,795167	50,81119	76,21678	233,52	OK
99,9	0,795167	52,95814	79,43721	233,52	OK
104,85	0,795167	55,58219	83,37328	233,52	OK

Pu Bearing + 40% Pu Friction	Pu bahan	Kontrol
6,84	233,52	OK
12,24	233,52	OK
34,5	233,52	OK
47,16	233,52	OK
57,06	233,52	OK
67,86	233,52	OK
73,26	233,52	OK
82,26	233,52	OK
87,66	233,52	OK
93,96	233,52	OK
98,46	233,52	OK
104,76	233,52	OK
111,96	233,52	OK
127,26	233,52	OK
145,26	233,52	OK
144,36	233,52	OK
131,76	233,52	OK
122,76	233,52	OK
115,56	233,52	OK
113,76	233,52	OK
119,16	233,52	OK
129,06	233,52	OK
137,16	233,52	OK
138,96	233,52	OK
138,96	233,52	OK
138,96	233,52	OK
141,66	233,52	OK
142,56	233,52	OK
142,56	233,52	OK
139,86	233,52	OK
149,76	233,52	OK
169,56	233,52	OK
183,06	233,52	OK
191,16	233,52	OK
201,06	233,52	OK



Data perencanaan

• Dimensi poer	=	1800 mm	x
• Jumlah tiang pancang	=	4 buah	
• Dimensi kolom	=	300 mm	x
• panjang kolom	=	3500 mm	
• Jarak as ke as antar tiang	=	900 mm	
• Jarak as tiang ke tepi poer	=	450 mm	
• Jarak as tiang ke tepi kolom	=	300 mm	
• Bj beton	=	2400 kg/m ³	
• Mutu beton (fc')	=	30 Mpa	
• Mutu baja tulangan (fy)	=	400 Mpa	
• Diameter tulangan	=	19 mm	
• Selimut beton poer	=	75 mm	
• dx	=	416 mm	
• dy	=	396,5 mm	
• ϕ	=	0,8	
• β_1	=	0,85	
• m	=	15,6862745	
• ρ_{min}	=	0,004	
• ρ_b	=	0,033	
• ρ_{max}	=	0,024	
• l	=	750 mm	

JOINT	qu kg/m	Q kg	P1 kg	Mu kg-m	Mn Nmm	Rn	ρ perlu
252	3888000	2916000	96947,8	1052781,92	1315977,405	0,00423481	0,000010588
252	3888000	2916000	151940	1029685,19	1287106,49	0,0041419	0,000010356
252	3888000	2916000	44605,54	1074765,67	1343457,092	0,00432324	0,000010809
252	3888000	2916000	124762,4	1041099,8	1301374,751	0,00418782	0,000010470
252	3888000	2916000	71783,18	1063351,06	1329188,831	0,00427732	0,000010694
253	3888000	2916000	164894,9	1024244,15	1280305,188	0,00412002	0,000010301
253	3888000	2916000	203258,6	1008131,38	1260164,225	0,0040552	0,000010139
253	3888000	2916000	129146,4	1039258,5	1299073,119	0,00418041	0,000010452
253	3888000	2916000	191959,9	1012876,86	1266096,074	0,00407429	0,000010187
253	3888000	2916000	140445,2	1034513,02	1293141,27	0,00416132	0,000010404
669	3888000	2916000	194923,6	1011632,07	1264540,089	0,00406928	0,000010174
669	3888000	2916000	198158,6	1010273,39	1262841,735	0,00406382	0,000010160
669	3888000	2916000	193622,3	1012178,63	1265223,282	0,00407148	0,000010180
669	3888000	2916000	215800	1002864,01	1253580,011	0,00403401	0,000010086
669	3888000	2916000	175981	1019588	1274484,996	0,00410129	0,000010254
670	3888000	2916000	192076,4	1012827,9	1266034,869	0,00407409	0,000010186
670	3888000	2916000	195686	1011311,87	1264139,84	0,004068	0,000010171
670	3888000	2916000	186472,9	1015181,37	1268976,717	0,00408356	0,000010210
670	3888000	2916000	211258	1004771,63	1255964,54	0,00404169	0,000010105
670	3888000	2916000	170900,9	1021721,61	1277152,017	0,00410987	0,000010276
671	3888000	2916000	191124,4	1013227,74	1266534,669	0,0040757	0,000010190
671	3888000	2916000	192832,2	1012510,46	1265638,074	0,00407282	0,000010183
671	3888000	2916000	191287,6	1013159,22	1266449,021	0,00407543	0,000010189
671	3888000	2916000	211553,7	1004647,46	1255809,329	0,00404119	0,000010104
671	3888000	2916000	172566,1	1021022,22	1276277,777	0,00410706	0,000010268

672	3888000	2916000	192260,5	1012750,6	1265938,248	0,00407378	0,000010185
672	3888000	2916000	191602,7	1013026,88	1266283,604	0,00407489	0,000010188
672	3888000	2916000	191014,8	1013273,77	1266592,209	0,00407589	0,000010191
672	3888000	2916000	210697,2	1005007,18	1256258,97	0,00404264	0,000010107
672	3888000	2916000	171920,3	1021293,47	1276616,843	0,00410815	0,000010271
673	3888000	2916000	191511,1	1013065,33	1266331,662	0,00407505	0,000010188
673	3888000	2916000	192741,9	1012548,42	1265685,524	0,00407297	0,000010183
673	3888000	2916000	192165,7	1012790,39	1265987,987	0,00407394	0,000010186
673	3888000	2916000	212220,9	1004367,24	1255459,049	0,00404006	0,000010101
673	3888000	2916000	172686,7	1020971,58	1276214,472	0,00410685	0,000010268
674	3888000	2916000	196614,4	1010921,94	1263652,43	0,00406643	0,000010167
674	3888000	2916000	195985,3	1011186,19	1263982,739	0,00406749	0,000010170
674	3888000	2916000	195316,6	1011467,03	1264333,785	0,00406862	0,000010172
674	3888000	2916000	215421,2	1003023,1	1253778,881	0,00403465	0,000010087
674	3888000	2916000	175880,7	1019630,11	1274537,633	0,00410146	0,000010254
675	3888000	2916000	193683,6	1012152,9	1265191,121	0,00407138	0,000010179
675	3888000	2916000	194792	1011687,35	1264609,19	0,00406951	0,000010175
675	3888000	2916000	194422,1	1011842,7	1264803,377	0,00407013	0,000010176
675	3888000	2916000	214129	1003565,84	1254457,296	0,00403684	0,000010093
675	3888000	2916000	175085,2	1019964,22	1274955,27	0,0041028	0,000010258
676	3888000	2916000	198880	1009970,42	1262463,021	0,0040626	0,000010157
676	3888000	2916000	198138,5	1010281,83	1262852,288	0,00406385	0,000010160
676	3888000	2916000	197732,9	1010452,17	1263065,207	0,00406454	0,000010162
676	3888000	2916000	217456,6	1002168,24	1252710,296	0,00403122	0,000010079
676	3888000	2916000	178414,8	1018565,77	1273207,209	0,00409718	0,000010244
677	3888000	2916000	193925,5	1012051,31	1265064,134	0,00407097	0,000010178
677	3888000	2916000	194923,9	1011631,97	1264539,963	0,00406928	0,000010174
677	3888000	2916000	194771,9	1011695,8	1264619,753	0,00406954	0,000010175
677	3888000	2916000	214427,3	1003440,54	1254300,678	0,00403633	0,000010092
677	3888000	2916000	175268,5	1019887,23	1274859,038	0,00410249	0,000010257
678	3888000	2916000	199177,7	1009845,37	1262306,718	0,0040621	0,000010156
678	3888000	2916000	198355,4	1010190,74	1262738,426	0,00406349	0,000010160
678	3888000	2916000	198113,5	1010292,34	1262865,423	0,0040639	0,000010161
678	3888000	2916000	217815,1	1002017,67	1252522,083	0,00403061	0,000010077
678	3888000	2916000	178653,8	1018465,4	1273081,755	0,00409677	0,000010243
679	3888000	2916000	193516,8	1012222,96	1265278,701	0,00407166	0,000010180
679	3888000	2916000	194491,1	1011813,72	1264767,152	0,00407002	0,000010176
679	3888000	2916000	194374,7	1011862,62	1264828,272	0,00407021	0,000010176
679	3888000	2916000	213972	1003631,78	1254539,721	0,0040371	0,000010094
679	3888000	2916000	174893,9	1020044,56	1275055,703	0,00410312	0,000010259
680	3888000	2916000	198721	1010037,19	1262546,486	0,00406287	0,000010158
680	3888000	2916000	197894,8	1010384,18	1262980,23	0,00406426	0,000010161
680	3888000	2916000	197673,2	1010477,24	1263096,549	0,00406464	0,000010162
680	3888000	2916000	217336,7	1002218,6	1252773,254	0,00403142	0,000010079
680	3888000	2916000	178231,4	1018642,82	1273303,526	0,00409749	0,000010245
681	3888000	2916000	193558,8	1012205,3	1265256,62	0,00407159	0,000010180
681	3888000	2916000	194619,4	1011759,84	1264699,805	0,0040698	0,000010175
681	3888000	2916000	194360,3	1011868,66	1264835,822	0,00407024	0,000010176
681	3888000	2916000	214354,8	1003470,99	1254338,741	0,00403646	0,000010092
681	3888000	2916000	174625	1020157,51	1275196,886	0,00410358	0,000010260
682	3888000	2916000	198810,5	1009999,57	1262499,467	0,00406272	0,000010158
682	3888000	2916000	198001,3	1010339,45	1262924,318	0,00406408	0,000010161

682	3888000	2916000	197716,1	1010459,22	1263074,027	0,00406457	0,000010162
682	3888000	2916000	217723,2	1002056,26	1252570,32	0,00403077	0,000010078
682	3888000	2916000	177994,2	1018742,42	1273428,024	0,00409789	0,000010246
683	3888000	2916000	191466,2	1013084,2	1266355,256	0,00407513	0,000010189
683	3888000	2916000	192657,9	1012583,67	1265729,592	0,00407311	0,000010184
683	3888000	2916000	192187,2	1012781,38	1265976,72	0,00407391	0,000010186
683	3888000	2916000	212780,8	1004132,05	1255165,059	0,00403912	0,000010099
683	3888000	2916000	172064,3	1021233	1276541,253	0,0041079	0,000010271
715	3888000	2916000	196702,1	1010885,11	1263606,387	0,00406628	0,000010167
715	3888000	2916000	195987,8	1011185,13	1263981,416	0,00406749	0,000010170
715	3888000	2916000	195462,7	1011405,67	1264257,083	0,00406837	0,000010172
715	3888000	2916000	216079,8	1002746,48	1253433,095	0,00403354	0,000010085
715	3888000	2916000	175370,7	1019844,32	1274805,404	0,00410232	0,000010257
716	3888000	2916000	195740,4	1011289,04	1264111,301	0,0040679	0,000010171
716	3888000	2916000	197041,1	1010742,75	1263428,433	0,00406571	0,000010165
716	3888000	2916000	196362,2	1011027,89	1263784,866	0,00406685	0,000010168
716	3888000	2916000	217152,5	1002295,96	1252869,948	0,00403173	0,000010080
716	3888000	2916000	176250,8	1019474,68	1274343,351	0,00410083	0,000010253
717	3888000	2916000	196146	1011118,66	1263898,329	0,00406722	0,000010169
717	3888000	2916000	195555,1	1011366,84	1264208,552	0,00406822	0,000010171
717	3888000	2916000	194772,7	1011695,47	1264619,333	0,00406954	0,000010175
717	3888000	2916000	215619,1	1002939,96	1253674,952	0,00403432	0,000010087
717	3888000	2916000	174708,7	1020122,35	1275152,933	0,00410344	0,000010259
718	3888000	2916000	195685,8	1011311,96	1264139,945	0,004068	0,000010171
718	3888000	2916000	197492,3	1010553,25	1263191,564	0,00406494	0,000010163
718	3888000	2916000	195789,9	1011268,23	1264085,282	0,00406782	0,000010170
718	3888000	2916000	216931,5	1002388,78	1252985,973	0,0040321	0,000010081
718	3888000	2916000	176350,7	1019432,7	1274290,872	0,00410066	0,000010252
719	3888000	2916000	192107,1	1012815,03	1266018,783	0,00407404	0,000010186
719	3888000	2916000	191441,6	1013094,51	1266368,139	0,00407517	0,000010189
719	3888000	2916000	190829,8	1013351,48	1266689,355	0,0040762	0,000010191
719	3888000	2916000	211318,1	1004746,38	1255932,977	0,00404159	0,000010105
719	3888000	2916000	170953,3	1021699,61	1277124,507	0,00410978	0,000010275
720	3888000	2916000	195113	1011552,54	1264440,675	0,00406896	0,000010173
720	3888000	2916000	198331,5	1010200,78	1262750,973	0,00406353	0,000010160
720	3888000	2916000	193878,7	1012070,93	1265088,662	0,00407105	0,000010178
720	3888000	2916000	217073,1	1002329,29	1252911,612	0,00403186	0,000010080
720	3888000	2916000	175137,1	1019942,42	1274928,023	0,00410271	0,000010258
721	3888000	2916000	197396,3	1010593,55	1263241,932	0,00406511	0,000010164
721	3888000	2916000	201045	1009061,1	1261326,375	0,00405894	0,000010148
721	3888000	2916000	191700,2	1012985,92	1266232,406	0,00407473	0,000010188
721	3888000	2916000	217630,2	1002095,3	1252619,124	0,00403092	0,000010078
721	3888000	2916000	175114,9	1019951,73	1274939,657	0,00410275	0,000010258
722	3888000	2916000	167887,7	1022987,15	1278733,937	0,00411496	0,000010288
722	3888000	2916000	206381,7	1006819,68	1258524,597	0,00404993	0,000010126
722	3888000	2916000	132110,8	1038013,46	1297516,83	0,0041754	0,000010439
722	3888000	2916000	197292,5	1010637,14	1263296,427	0,00406528	0,000010164
722	3888000	2916000	141200	1034196,01	1292745,011	0,00416005	0,000010401
723	3888000	2916000	92714,88	1054559,75	1318199,688	0,00424196	0,000010606
723	3888000	2916000	147955,9	1031358,51	1289198,142	0,00414863	0,000010372
723	3888000	2916000	40172,16	1076627,69	1345784,616	0,00433073	0,000010828
723	3888000	2916000	121235,8	1042580,95	1303226,184	0,00419378	0,000010485

723	3888000	2916000	66892,24	1065405,26	1331756,574	0,00428559	0,000010715
724	3888000	2916000	82556,84	1058826,13	1323532,659	0,00425912	0,000010649
724	3888000	2916000	91503,78	1055068,41	1318835,516	0,00424401	0,000010611
724	3888000	2916000	69654,26	1064245,21	1330306,514	0,00428092	0,000010703
724	3888000	2916000	120191,1	1043019,72	1303774,652	0,00419554	0,000010490
724	3888000	2916000	40966,9	1076293,9	1345367,378	0,00432939	0,000010824
725	3888000	2916000	83888,04	1058267,02	1322833,779	0,00425687	0,000010643
725	3888000	2916000	92662,82	1054581,62	1318227,02	0,00424205	0,000010606
725	3888000	2916000	71055,56	1063656,66	1329570,831	0,00427855	0,000010697
725	3888000	2916000	123655,8	1041564,56	1301955,705	0,00418969	0,000010475
725	3888000	2916000	40062,58	1076673,72	1345842,146	0,00433091	0,000010828

tengah 2

684	3888000	2916000	42822,3	1075514,63	1344393,293	0,00432625	0,000010817
684	3888000	2916000	72636,26	1062992,77	1328740,964	0,00427588	0,000010691
684	3888000	2916000	8941,86	1089744,42	1362180,524	0,00438349	0,000010960
684	3888000	2916000	80742,38	1059588,2	1324485,251	0,00426219	0,000010656
684	3888000	2916000	835,74	1093148,99	1366436,237	0,00439719	0,000010994
685	3888000	2916000	108465,3	1047944,59	1309930,739	0,00421535	0,000010539
685	3888000	2916000	132126,8	1038006,73	1297508,409	0,00417538	0,000010439
685	3888000	2916000	84293,4	1058096,77	1322620,965	0,00425619	0,000010641
685	3888000	2916000	113458,1	1045847,61	1307309,519	0,00420692	0,000010518
685	3888000	2916000	102962,2	1050255,89	1312819,866	0,00422465	0,000010562
686	3888000	2916000	113497,5	1045831,04	1307288,802	0,00420685	0,000010518
686	3888000	2916000	137159,1	1035893,19	1294866,494	0,00416687	0,000010418
686	3888000	2916000	89289,56	1055998,38	1319997,981	0,00424775	0,000010620
686	3888000	2916000	119053,5	1043497,51	1304371,892	0,00419746	0,000010495
686	3888000	2916000	107395,1	1048394,07	1310492,583	0,00421716	0,000010544
687	3888000	2916000	40416,18	1076525,2	1345656,506	0,00433032	0,000010827
687	3888000	2916000	70051,18	1064078,5	1330098,131	0,00428025	0,000010702
687	3888000	2916000	6607,92	1090724,67	1363405,842	0,00438743	0,000010970
687	3888000	2916000	80652,82	1059625,82	1324532,27	0,00426234	0,000010657
687	3888000	2916000	-3993,72	1095177,36	1368971,703	0,00440534	0,000011014
688	3888000	2916000	155928,6	1028009,97	1285012,464	0,00413516	0,000010339
688	3888000	2916000	212623,2	1004198,26	1255247,82	0,00403938	0,000010099
688	3888000	2916000	98800,18	1052003,92	1315004,906	0,00423168	0,000010580
688	3888000	2916000	158440,4	1026955,02	1283693,78	0,00413092	0,000010328
688	3888000	2916000	152983	1029247,16	1286558,946	0,00414014	0,000010351
689	3888000	2916000	73008,78	1062836,31	1328545,391	0,00427525	0,000010689
689	3888000	2916000	104624,5	1049557,69	1311947,117	0,00422184	0,000010555
689	3888000	2916000	43482,86	1075237,2	1344046,499	0,00432514	0,000010814
689	3888000	2916000	94188,48	1053940,84	1317426,048	0,00423947	0,000010600
689	3888000	2916000	53918,92	1070854,05	1338567,567	0,0043075	0,000010770
690	3888000	2916000	242354,3	991711,211	1239639,014	0,00398915	0,000009974
690	3888000	2916000	282681,1	974773,955	1218467,444	0,00392102	0,000009803
690	3888000	2916000	201434,5	1008897,53	1261121,909	0,00405828	0,000010147
690	3888000	2916000	248401,1	989171,538	1236464,423	0,00397894	0,000009948
690	3888000	2916000	235714,4	994499,944	1243124,93	0,00400037	0,000010002
691	3888000	2916000	161190,4	1025800,02	1282250,019	0,00412627	0,000010317
691	3888000	2916000	180102,2	1017857,07	1272321,335	0,00409432	0,000010237
691	3888000	2916000	144309,4	1032890,07	1291112,586	0,00415479	0,000010388

691	3888000	2916000	182342,9	1016915,97	1271144,967	0,00409054	0,000010227
691	3888000	2916000	142068,7	1033831,15	1292288,943	0,00415858	0,000010397
692	3888000	2916000	297038,8	968743,721	1210929,651	0,00389677	0,000009743
692	3888000	2916000	300335	967359,283	1209199,104	0,0038912	0,000009729
692	3888000	2916000	292637,4	970592,292	1213240,365	0,0039042	0,000009761
692	3888000	2916000	308223,8	964045,996	1205057,495	0,00387787	0,000009695
692	3888000	2916000	284748,6	973905,58	1217381,975	0,00391753	0,000009795
693	3888000	2916000	299652,2	967646,068	1209557,585	0,00389235	0,000009732
693	3888000	2916000	302231	966562,963	1208203,704	0,00388799	0,000009721
693	3888000	2916000	298312,5	968208,733	1210260,917	0,00389461	0,000009737
693	3888000	2916000	312979,2	962048,744	1202560,931	0,00386984	0,000009675
693	3888000	2916000	287564,4	972722,952	1215903,69	0,00391277	0,000009783
694	3888000	2916000	299702,9	967624,79	1209530,988	0,00389227	0,000009731
694	3888000	2916000	299410,5	967747,573	1209684,467	0,00389276	0,000009733
694	3888000	2916000	298788,2	968008,939	1210011,174	0,00389381	0,000009735
694	3888000	2916000	312001	962459,597	1203074,496	0,00387149	0,000009679
694	3888000	2916000	286197,8	973296,916	1216621,145	0,00391508	0,000009788
695	3888000	2916000	308262,5	964029,75	1205037,188	0,0038778	0,000009695
695	3888000	2916000	309334	963579,728	1204474,661	0,00387599	0,000009691
695	3888000	2916000	308423,2	963962,248	1204952,81	0,00387753	0,000009695
695	3888000	2916000	321616,7	958420,969	1198026,212	0,00385524	0,000009639
695	3888000	2916000	296140,5	969121,007	1211401,259	0,00389828	0,000009746
696	3888000	2916000	292366,1	970706,255	1213382,819	0,00390466	0,000009762
696	3888000	2916000	292710,4	970561,64	1213202,051	0,00390408	0,000009761
696	3888000	2916000	290925,7	971311,206	1214139,008	0,00390709	0,000009768
696	3888000	2916000	303560,1	966004,766	1207505,958	0,00388575	0,000009715
696	3888000	2916000	280076	975868,08	1219835,1	0,00392542	0,000009814
697	3888000	2916000	304688,3	965530,914	1206913,643	0,00388384	0,000009710
697	3888000	2916000	306418,2	964804,339	1206005,424	0,00388092	0,000009703
697	3888000	2916000	304096,6	965779,428	1207224,285	0,00388484	0,000009713
697	3888000	2916000	317009	960356,212	1200445,265	0,00386303	0,000009658
697	3888000	2916000	293505,8	970227,556	1212784,445	0,00390273	0,000009758
698	3888000	2916000	262310,6	983329,548	1229161,935	0,00395544	0,000009889
698	3888000	2916000	263526,5	982818,853	1228523,567	0,00395338	0,000009884
698	3888000	2916000	261385,8	983717,981	1229647,476	0,003957	0,000009893
698	3888000	2916000	265007,9	982196,699	1227745,874	0,00395088	0,000009878
698	3888000	2916000	259904,4	984340,135	1230425,169	0,0039595	0,000009900
699	3888000	2916000	274885,3	978048,157	1222560,197	0,00393419	0,000009836
699	3888000	2916000	275829,6	977651,576	1222064,471	0,0039326	0,000009832
699	3888000	2916000	273692,4	978549,184	1223186,48	0,00393621	0,000009841
699	3888000	2916000	277331,7	977020,678	1221275,847	0,00393006	0,000009826
699	3888000	2916000	272190,3	979180,091	1223975,114	0,00393875	0,000009848
700	3888000	2916000	262325,3	983323,382	1229154,228	0,00395541	0,000009889
700	3888000	2916000	263227,9	982944,265	1228680,332	0,00395389	0,000009885
700	3888000	2916000	261862,7	983517,674	1229397,093	0,00395619	0,000009891
700	3888000	2916000	266877,8	981411,307	1226764,134	0,00394772	0,000009870
700	3888000	2916000	258212,8	985050,632	1231313,291	0,00396236	0,000009907
701	3888000	2916000	275077,4	977967,475	1222459,344	0,00393387	0,000009835
701	3888000	2916000	275689,5	977710,393	1222137,992	0,00393283	0,000009833
701	3888000	2916000	274050,2	978398,899	1222998,624	0,0039356	0,000009840
701	3888000	2916000	279332,6	976180,308	1220225,385	0,00392668	0,000009817
701	3888000	2916000	270407,2	979928,993	1224911,241	0,00394176	0,000009855

702	3888000	2916000	276435,1	977397,241	1221746,552	0,00393157	0,000009830
702	3888000	2916000	279173,4	976247,189	1220308,986	0,00392695	0,000009818
702	3888000	2916000	275117,2	977950,768	1222438,46	0,0039338	0,000009835
702	3888000	2916000	291615,2	971021,624	1213777,031	0,00390593	0,000009766
702	3888000	2916000	262675,4	983176,332	1228970,415	0,00395482	0,000009888
703	3888000	2916000	290701,1	971405,53	1214256,912	0,00390747	0,000009769
703	3888000	2916000	292802,4	970522,975	1213153,719	0,00390392	0,000009761
703	3888000	2916000	287139,9	972901,242	1216126,553	0,00391349	0,000009784
703	3888000	2916000	304609,6	965563,985	1206954,981	0,00388398	0,000009711
703	3888000	2916000	275332,8	977860,241	1222325,301	0,00393344	0,000009834
704	3888000	2916000	266687,5	981491,25	1226864,063	0,00394804	0,000009871
704	3888000	2916000	268205,8	980853,572	1226066,966	0,00394548	0,000009864
704	3888000	2916000	265533,7	981975,854	1227469,818	0,00394999	0,000009876
704	3888000	2916000	270289	979978,603	1224973,254	0,00394196	0,000009856
704	3888000	2916000	263450,4	982850,824	1228563,53	0,00395351	0,000009885
705	3888000	2916000	275728,1	977694,215	1222117,769	0,00393277	0,000009833
705	3888000	2916000	276967	977173,843	1221467,304	0,00393068	0,000009827
705	3888000	2916000	274149,3	978357,311	1222946,639	0,00393544	0,000009839
705	3888000	2916000	279133,1	976264,09	1220330,112	0,00392702	0,000009818
705	3888000	2916000	271983,2	979267,064	1224083,831	0,0039391	0,000009849
706	3888000	2916000	300010,8	967495,472	1209369,341	0,00389175	0,000009730
706	3888000	2916000	300312,9	967368,582	1209210,728	0,00389123	0,000009729
706	3888000	2916000	298584,1	968094,695	1210118,369	0,00389416	0,000009736
706	3888000	2916000	311690,1	962590,15	1203237,687	0,00387201	0,000009681
706	3888000	2916000	287206,8	972873,127	1216091,409	0,00391338	0,000009784
707	3888000	2916000	304365,7	965666,398	1207082,997	0,00388439	0,000009712
707	3888000	2916000	306038,4	964963,864	1206204,83	0,00388156	0,000009705
707	3888000	2916000	303863,5	965877,347	1207346,684	0,00388524	0,000009714
707	3888000	2916000	317221,5	960266,953	1200333,692	0,00386267	0,000009657
707	3888000	2916000	292680,3	970574,266	1213217,832	0,00390413	0,000009761
708	3888000	2916000	311517,6	962662,608	1203328,26	0,0038723	0,000009681
708	3888000	2916000	311234,9	962781,359	1203476,699	0,00387278	0,000009683
708	3888000	2916000	310582,3	963055,451	1203819,314	0,00387389	0,000009685
708	3888000	2916000	324213,5	957330,313	1196662,892	0,00385086	0,000009628
708	3888000	2916000	297603,6	968506,496	1210633,121	0,00389581	0,000009740
709	3888000	2916000	311198,4	962796,664	1203495,83	0,00387284	0,000009683
709	3888000	2916000	312000,2	962459,933	1203074,916	0,00387149	0,000009679
709	3888000	2916000	311656,3	962604,371	1203255,464	0,00387207	0,000009681
709	3888000	2916000	325136,9	956942,485	1196178,107	0,0038493	0,000009624
709	3888000	2916000	298519,5	968121,818	1210152,273	0,00389426	0,000009736
710	3888000	2916000	311400,3	962711,857	1203389,822	0,0038725	0,000009682
710	3888000	2916000	311163	962811,557	1203514,446	0,0038729	0,000009683
710	3888000	2916000	310423	963122,357	1203902,946	0,00387415	0,000009686
710	3888000	2916000	324027,4	957408,509	1196760,636	0,00385117	0,000009629
710	3888000	2916000	297558,6	968525,405	1210656,756	0,00389589	0,000009740
711	3888000	2916000	307321,5	964424,953	1205531,192	0,00387939	0,000009699
711	3888000	2916000	308529,5	963917,618	1204897,023	0,00387735	0,000009694
711	3888000	2916000	307352,8	964411,807	1205514,759	0,00387934	0,000009699
711	3888000	2916000	320993,5	958682,73	1198353,413	0,0038563	0,000009641
711	3888000	2916000	294888,8	969646,696	1212058,37	0,0039004	0,000009752
712	3888000	2916000	305214,2	965310,053	1206637,566	0,00388295	0,000009708
712	3888000	2916000	308541,7	963912,478	1204890,597	0,00387733	0,000009694

712	3888000	2916000	300754,9	967182,95	1208978,688	0,00389049	0,000009727
712	3888000	2916000	316918,1	960394,398	1200492,998	0,00386318	0,000009659
712	3888000	2916000	292378,5	970701,03	1213376,288	0,00390464	0,000009762
713	3888000	2916000	304778,5	965493,047	1206866,309	0,00388369	0,000009710
713	3888000	2916000	307337,7	964418,166	1205522,708	0,00387937	0,000009699
713	3888000	2916000	303488,9	966034,679	1207543,349	0,00388587	0,000009715
713	3888000	2916000	318756,2	959622,404	1199528,006	0,00386008	0,000009651
713	3888000	2916000	292070,4	970830,44	1213538,051	0,00390516	0,000009764
	3888000	2916000	249675,3				
	3888000	2916000	290486,5				
	3888000	2916000	208267,9				
	3888000	2916000	255511,4				
	3888000	2916000	243243,1				
	3888000	2916000	161893				
	3888000	2916000	180766,4				
	3888000	2916000	145098,1				
	3888000	2916000	184163,6				
	3888000	2916000	141700,9				
	3888000	2916000	151414,3				
	3888000	2916000	208577,6				
	3888000	2916000	93785,78				
	3888000	2916000	154824,7				
	3888000	2916000	147538,7				
	3888000	2916000	67934,34				
	3888000	2916000	99663,56				
	3888000	2916000	38381,02				
	3888000	2916000	90693,2				
	3888000	2916000	47351,38				

TENGAH 3

184	3888000	2916000	119419,4	1043343,87	1304179,836	0,00419684	0,000010493
184	3888000	2916000	130702	1038605,17	1298256,461	0,00417778	0,000010445
184	3888000	2916000	108179,8	1048064,5	1310080,626	0,00421583	0,000010540
184	3888000	2916000	119964,3	1043114,98	1303893,722	0,00419592	0,000010491
184	3888000	2916000	118917,4	1043554,68	1304443,355	0,00419769	0,000010495
245	3888000	2916000	120538,6	1042873,79	1303592,235	0,00419495	0,000010488
245	3888000	2916000	131815,4	1038137,52	1297671,894	0,0041759	0,000010441
245	3888000	2916000	109304,2	1047592,22	1309490,274	0,00421393	0,000010536
245	3888000	2916000	121149,9	1042617,03	1303271,292	0,00419392	0,000010486
245	3888000	2916000	119969,8	1043112,7	1303890,876	0,00419592	0,000010491
246	3888000	2916000	157402,1	1027391,12	1284238,898	0,00413268	0,000010333
246	3888000	2916000	170118,7	1022050,15	1277562,693	0,00411119	0,000010279
246	3888000	2916000	144742,2	1032708,27	1290885,335	0,00415406	0,000010386
246	3888000	2916000	158000,9	1027139,64	1283924,549	0,00413166	0,000010330
246	3888000	2916000	156860	1027618,78	1284523,479	0,00413359	0,000010335
247	3888000	2916000	236467,8	994183,541	1242729,426	0,0039991	0,000009999
247	3888000	2916000	244215,9	990929,33	1238661,663	0,00398601	0,000009966
247	3888000	2916000	228785,5	997410,082	1246762,602	0,00401208	0,000010031
247	3888000	2916000	236635,3	994113,182	1242641,478	0,00399881	0,000009998
247	3888000	2916000	236366,1	994226,23	1242782,787	0,00399927	0,000009999

248	3888000	2916000	87991,62	1056543,52	1320679,4	0,00424994	0,000010626
248	3888000	2916000	102249,5	1050555,2	1313194,002	0,00422585	0,000010566
248	3888000	2916000	73793,22	1062506,85	1328133,56	0,00427393	0,000010686
248	3888000	2916000	88810,06	1056199,77	1320249,719	0,00424856	0,000010622
248	3888000	2916000	87232,66	1056862,28	1321077,854	0,00425122	0,000010629
249	3888000	2916000	146910	1031797,82	1289747,271	0,0041504	0,000010377
249	3888000	2916000	152946,1	1029262,63	1286578,287	0,0041402	0,000010351
249	3888000	2916000	140868,4	1034335,28	1292919,101	0,00416061	0,000010402
249	3888000	2916000	146946,3	1031782,55	1289728,182	0,00415034	0,000010377
249	3888000	2916000	146868,2	1031815,36	1289769,206	0,00415047	0,000010377
250	3888000	2916000	146869,6	1031814,75	1289768,439	0,00415047	0,000010377
250	3888000	2916000	152534,8	1029435,39	1286794,241	0,0041409	0,000010353
250	3888000	2916000	141195,7	1034197,81	1292747,258	0,00416005	0,000010401
250	3888000	2916000	146906,3	1031799,35	1289749,182	0,00415041	0,000010377
250	3888000	2916000	146824,1	1031833,86	1289792,327	0,00415055	0,000010377
251	3888000	2916000	86698,72	1057086,54	1321358,172	0,00425212	0,000010631
251	3888000	2916000	100961,9	1051096	1313870,003	0,00422803	0,000010571
251	3888000	2916000	72499,98	1063050,01	1328812,511	0,00427611	0,000010691
251	3888000	2916000	87541,18	1056732,7	1320915,881	0,0042507	0,000010628
251	3888000	2916000	85920,7	1057413,31	1321766,633	0,00425344	0,000010634

[illegible]

[illegible]

[illegible][illegible]

[illegible]

PC SQUARE PILE

Description

Type of piles : Prestressed Concrete Square Piles
 Splice system : Welded at steel joint plate
 Type of shoe : Pencil (Standard Product)
 Mamira (Special Design)
 Method of Driving : Diesel or Hydraulic Hammer

Clasification

Pile Size cm	Type	Momen		axial load ton	concrete area cm2	weight kg/m'
		Allow ton-m	Ultimate ton-m			
25 x 25	A	2,24	3,84	81,4	625	156
	B	2,5	4,81	79,62		
	C	2,76	5,77	77,92		
30 X 30	A	3,62	5,77	118,59	900	225
	B	3,95	6,92	116,76		
	C	4,33	8,3	114,66		
	D	4,88	10,38	111,6		
35 X 35	A	5,22	7,3	163,98	1225	306
	B	5,91	9,69	160,68		
	C	6,58	11	157,45		
	D	7,24	13,08	154,32		
40 X 40	A	7,84	11,07	213,96	1600	400
	B	8,64	13,83	210,6		
	C	9,43	16,6	207,32		
	D	11,65	24,91	198,01		
45 X 45	A	11,11	15,57	270,98	2025	506
	B	12,02	18,68	267,61		
	C	12,9	21,8	264,3		
	D	14,63	28,02	257,88		
50 X 50	A	15,07	20,76	335,12	2500	625
	B	16,08	24,31	331,72		
	C	17,08	27,68	328,38		
	D	18,06	31,13	325,09		

Data Perencanaan:

1	f_c'	=	30	Mpa	
2	f_{y1}	=	400	Mpa	
3	f_{y2}	=	240	Mpa	
4	ϕ lentur	=	0,8		
5	ϕ geser	=	0,75		
6	ϕ torsi	=	0,75		
7	\emptyset pelat	=	10	mm	$f_y = 240$ Mpa
8	D lentur	=	16	mm	$f_y = 400$ Mpa
9	\emptyset geser	=	10	mm	$f_y = 240$ Mpa
10	D torsi	=	13	mm	$f_y = 400$ Mpa
11	β_1	=	0,85		
12	Decking Pelat	=	20	mm	
13	Decking Balok	=	40	mm	
14	S sejajar	=	25	mm	
15	BJ Beton	=	2400	kg/m ³	
16	B	=	1000	mm	
17	\emptyset tul angkat	=	10	mm	
18	D Konsol	=	13	mm	$f_y = 400$ MPa
19	\emptyset Geser Konsol	=	10	mm	$f_y = 240$ MPa
20	D Pelat Tangga	=	16	mm	$f_y = 400$ Mpa

Dimensi:**Lantai 1, 2, 3, 4:**

Lantai 1, 2, 3, 4:		b	h
1	Tebal Pelat Komposit	= 15 cm	h
2	Tebal Pelat Precast	= 10 cm	
3	Over Topping	= 5 cm	
4	Balok Anak Komposit	= 20 cm	35 cm
5	Balok Anak Precast	= 20 cm	20 cm
6	Balok Induk Komposit	= 30 cm	70 cm
7	Balok Induk Precast	= 30 cm	35 cm

Lantai atap:

8	Tebal Pelat Komposit	= 13 cm	
9	Tebal Pelat Precast	= 10 cm	
10	Over Topping	= 3 cm	
11	Balok Anak Komposit	= 20 cm	35 cm
12	Balok Anak Precast	= 20 cm	22 cm
13	Balok Induk Komposit	= 30 cm	70 cm
14	Balok Induk Precast	= 30 cm	35 cm

KOLOM

15	Kolom	= 30 cm	50 cm
----	-------	---------	-------

BALOK BORDES

1	BB1	= 25 cm	45 cm
2	BB2	= 30 cm	45 cm

PELAT TANGGA

1	Pelat Tangga	= 15 cm
2	Pelat Bordes	= 15 cm

Beban:

1	Beban Hidup (Rusun)	= 250 kg/m ²
2	Beban Hidup (Precast)	= 100 kg/m ²
3	Beban Hidup (Atap)	= 100 kg/m ²

Data Perencanaan:

f_c' = 30 Mpa
 f_y = 400 Mpa
 E_s = 200000 Mpa
 Cover = 10 mm
 D lentur = 13 mm
 ϕ Geser = 10 mm
 ϕ = 0,75
 μ = 1,4 (cor monolit beton normal)

Lantai	Frame	AS	Type	Arah	Posisi	Dimensi Kolom		Dimensi balok		L	Ln	Vu	Dimensi Konsol			Vn	Vc	Vs	kontrol
						b	h	b	h				b	h	d				
						mm	mm	mm	mm	mm	mm	N	mm	mm	mm	N	N	N	
1	202	4 (B - C)	B1	Mem	Kiri	300	500	300	700	4500	4200	43.100	300	350	334	57467	106555	33350	ok
			B1	Mem	Kanan	300	500	300	700	4500	4200	43.100	300	350	334	57467	106555	33350	ok
1	188	3 (B - C)	B1	Mem	Kiri	300	500	300	700	4500	4200	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mem	Kanan	300	500	300	700	4500	4200	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	174	2 (B - C)	B1	Mem	Kiri	300	500	300	700	4500	4200	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mem	Kanan	300	500	300	700	4500	4200	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	160	1 (B - C)	B1	Mem	Kiri	300	500	300	700	4500	4200	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mem	Kanan	300	500	300	700	4500	4200	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	125	A (3 - 3b)	B1	Mel	Kiri	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mel	Kanan	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	803	B (3 - 3b)	B1	Mel	Kiri	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mel	Kanan	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	809	B (3b - 4)	B1	Mel	Kiri	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mel	Kanan	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	146	C (3 - 4)	B1	Mel	Kiri	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mel	Kanan	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	133	C (1 - 2)	B1	Mel	Kiri	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
			B1	Mel	Kanan	300	500	300	700	4500	4000	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	235	B' (3 - 4)	B2	Mel	Kiri	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
					Kanan	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	239	B" (3 - 4)	B2	Mel	Kiri	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
					Kanan	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	263	B' (1 - 2)	B2	Mel	Kiri	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
					Kanan	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
1	264	B" (3 - 4)	B2	Mel	Kiri	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok
					Kanan	300	700	200	350	5400	4700	45.000	300	350	334	60000	106555	33350	ok

KONTROL PENGANGKATAN PRECAST

Data:

fc'	=	30	Mpa		
fy	=	240	MPa		
BJ Beton	=	2400	kg/m ³		
Mutu Baja	=	BJ 37			
Tebal pelat (total)	=	15	cm	=	0,15 m
Tebal pelat (precast)	=	10	cm	=	0,1 m
Jumlah titik angkat	=	8			
Dimensi Balok Induk:	b	=	30	cm	= 0,3 m
	h	=	70	cm	= 0,7 m
Lx	=	1,50	m	=	1500 mm
Ly	=	5,4	m	=	5400 mm
koefisien kejut	=	1,5			
Dimensi Kolom	b	=	30	cm	= 0,3 m
	h	=	50	cm	= 0,5 m
Bentang Balok Induk (L)	=	4,5	m		
Bentang Balok Anak (L)	=	5,4	m		

PELAT dengan asumsi M+ sama dengan M-

Sn	Ln	Arah X				Arah Y				
		a		b		a		b		c
m	m		m		m		m		m	
1,2	5,1	0,207	0,2484	0,586	0,7032	0,104	0,5304	0,292	1,4892	0,908

BALOK INDUK

Sn	Ln	Arah X	Arah Y	pembebar
				qd pracetak
m	m	m	m	kg/m
0,3	4	0,15	1,188	252

BALOK ANAK

Sn	Ln	Arah X	Arah Y	pembebar
				qd pracetak
m	m	m	m	kg/m ²
0,20	5,100	0,1000	0,571	96

jumlah tumpukan = 8 buah
 jumlah kayu penopang = 2 buah
 kelas kuat kayu = IV
 σ tegak lurus serat = 10 kg/cm²
 kayu penopang bk = 8 cm
 hk = 12 cm
 tinggi balok induk (precast) = 35 cm = 0,35 m
 tinggi balok anak (precast) = 20 cm = 0,2 m
 jumlah titik angkat balok = 2

 Dimensi Balok Anak : b = 20 cm = 0,2 m
 h = 35 cm = 0,35 m
 1,944

	pembebanan plat		q angkat = qd x koef kejut	kontrol retak akibat pengangkatan					kontrol	kontrol tumpukan plat				syarat
	qd pracetak	qu		fr=0,7xsqrt(fc')	I	Mcr	Mx	My	Mcr > M	W	berat total tumpukan	W total	Kayu	kayu > W total
m	kg/m	kg/m	kg/m	Mpa	mm4/m	Nmm/m	Nmm/m	Nmm/m		kg	kg	kg	kg	
4,6308	1224	1468,8	1836	3,207802986	83.333.333	5.346.338	141.607	645.639	OK	1468,8	11750,4	0,00272	12000	OK

Balok	q angkat = qd x koef kejut	kontrol retak akibat pengangkatan					kontrol tumpukan balok				syarat
		fr=0,7xsqrt(fc')	I	Mcr	My	Mcr > M	W	berat total tumpukan	W total	Kayu	kayu > W total
kg/m	kg/m	Mpa	mm4	Nmm	Nmm		kg	kg	kg	kg	
302,4	378	3	1.071.875.000	19.647.793	7.560.000	OK	1008	8064	4032	12000	OK

Balok	q angkat = qd x koef kejut	kontrol retak akibat pengangkatan					kontrol tumpukan plat				syarat
		fr=0,7xsqrt(fc')	I	Mcr	My	Mcr > M	W	berat total tumpukan	W total	Kayu	kayu > W total
kg/m2	kg/m2	Mpa	mm4/m	Nmm/m	Nmm/m		kg	kg	kg	kg	
115	173	3	233.333.333	7.484.874	5.618	OK	490	3.917	1.958	12.000	OK

PERHITUNGAN MOMEN BALOK B2

Data Perencanaan:

BJ Beton Normal	=	2400 kg/m ³
t plat precast	=	10 cm
overtopping lt.1 - 4	=	5 cm
overtopping lt.5	=	3 cm
beban hidup precast	=	100 kg/m ²

Type	Elevasi	AS	Ket	L	Dimensi B2		qu pracetak _{B2} kg/m
					b m	h m	
B2	+3,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6
B2	+6,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6
B2	+9,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6
B2	+12,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6

Type	Elevasi	AS	Ket	L	Dimensi B2		qu pracetak _{B2} kg/m
					b m	h m	
B2	+3,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6
B2	+6,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6
B2	+9,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6
B2	+12,5	12-B'	Mel	5,4	0,2	0,2	201,6

qu pelat precast				Mu Pracetak B2	Mu Total Lapangan	Mu SAP	Mu Lapangan
L	Kiri	L	Kanan				
m	kg/m	m	kg/m	kg.m	kg.m	kg.m	N.mm
1,5	444	1,5	444	248,2245	248,2245	1500,04	15000400
1,5	444	1,5	444	248,2245	248,2245	1500,04	15000400
1,5	444	1,5	444	248,2245	248,2245	1500,04	15000400
1,5	444	1,5	444	248,2245	248,2245	1500,04	15000400

qu pelat				Vu Pracetak B2	Vu Total Tumpuan	Vu SAP	Vu Tumpuan
L	Kiri	L	Kanan				
m	kg/m	m	kg/m	kg	kg	kg	N
1,5	444	1,5	444	2941,92	2941,92	1337,33	29419,2
1,5	444	1,5	444	2941,92	2941,92	737,97	29419,2
1,5	444	1,5	444	2941,92	2941,92	734,65	29419,2
1,5	444	1,5	444	2941,92	2941,92	731,61	29419,2

PERHITUNGAN MOMEN BALOK B1

Data Perencanaan:

BJ Beton Normal	=	2400	kg/m ³
tebal plat precast	=	10	cm
overtopping lt.1 - 4	=	5	cm
overtopping lt.5	=	3	cm
beban hidup precast	=	100	kg/m ²

Type	Elevasi	AS	Ket	L	Dimensi B1		qu pracetak B1 kg/m
					b	h	
				m	m	m	
B1	+3,5	BC-4	Mem	4,5	0,30	0,35	734
B1	+6,5	BC-2	Mem	4,5	0,30	0,35	734
B1	+9,5	BC-4	Mem	4,5	0,30	0,35	734
B1	+12,5	BC-2	Mem	4,5	0,30	0,35	734

Type	Elevasi	AS	Ket	L	Dimensi B1		qu pracetak B1 kg/m
					b	h	
				m	m	m	
B1	+3,5	BC-4	Mem	4,5	0,30	0,35	734
B1	+6,5	BC-2	Mem	4,5	0,30	0,35	734
B1	+9,5	BC-4	Mem	4,5	0,30	0,35	734
B1	+12,5	BC-2	Mem	4,5	0,30	0,35	734

qu B2 Precast						qu Pelat		
Kiri			Kanan			Kiri		
n	L	qu	n	L	qu	n	L	qu
	m	kg/m	buah	m	kg/m	buah	m	kg/m
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-

qu B2 Precast						qu Pelat		
Kiri			Kanan			Kiri		
n	L	qu	n	L	qu	n	L	qu
	m	kg/m	buah	m	kg/m	buah	m	kg/m
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-
-	-	-	2	5,4	115	-	-	-

Precast			Mu B1 precast	Mu _{Total} Lapangan	Mu _{Total Lapangan}	Mu _{SAP}	Mu Lapangan
Kanan							
n	L	qu					
buah	m	kg/m	kg.m	kg.m	N.mm	N.mm	N.mm
3	5,4	1.598	6.197	6.197	61.965.000	87.518.900	87.518.900
3	5,4	1.598	6.197	6.197	61.965.000	87.518.900	87.518.900
3	5,4	1.598	6.197	6.197	61.965.000	87.518.900	87.518.900
3	5,4	1.598	6.197	6.197	61.965.000	87.518.900	87.518.900

Precast			Vu B1 precast	Vu _{Total}	Vu _{Total} Tumpuan	Vu _{SAP}	Vu Tumpuan
Kanan							
n	L	qu					
buah	m	kg/m	kg.m	kg.m	N.mm	N.mm	N.mm
3	5,4	1.598	24.786	24.786	247.860.000	92.741.100	92.741.100
3	5,4	1.598	24.786	24.786	247.860.000	92.741.100	92.741.100
3	5,4	1.598	24.786	24.786	247.860.000	92.741.100	92.741.100
3	5,4	1.598	24.786	24.786	247.860.000	92.741.100	92.741.100

PERHITUNGAN MOMEN PLAT PRECAST

Data Perencanaan:

Beban Hidup	=	250	kg/m ²
Beban Atap	=	100	kg/m ²
Beban Hidup Precast	=	100	kg/m
BJ Beton Normal	=	2400	kg/m ³
t pelat total lt. 1 - 4	=	15	cm
t pelat total lt. 5	=	13	cm
t precast	=	10	cm

Type	Elevasi	AS	Dimensi		Lx	Ly	q hidup precast	q hidup komposit
			t _{precast}	t _{toping}				
			m	m				
A	+3,5	12-BB'	0,1	0,05	1,5	5,4	540	1350
A	+6,5	12-BB'	0,1	0,05	1,5	5,4	540	1350
A	+9,5	12-BB'	0,1	0,05	1,5	5,4	540	1350
A	+12,5	12-BB'	0,1	0,05	1,5	5,4	540	1350
A	+15,5	12-BB'	0,1	0,03	1,5	5,4	540	1350

q precast	q topping	qu precast	qu komposit	Mu Precast	Mu Komposit	Mu Total	Mu/m
kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg.m	kg.m	N.mm	N.mm/m
1296	648	3196,8	4492,8	899,1	421,2	8991000	5994000
1296	648	3196,8	4492,8	899,1	421,2	8991000	5994000
1296	648	3196,8	4492,8	899,1	421,2	8991000	5994000
1296	648	3196,8	4492,8	899,1	421,2	8991000	5994000
1296	388,8	2885,76	4181,76	811,62	392,04	8116200	5410800

Data Perencanaan:

fc'	=	30	Mpa	φ Lentur	=	0,8	
fyl	=	400	Mpa	φ Geser	=	0,75	
fyv	=	240	Mpa	φ Torsi	=	0,75	
fyt	=	400	Mpa	Ø Lentur	=	16	mm
S sejajar	=	25	mm	Ø Geser	=	10	mm
Decking	=	40	mm	Ø Torsi	=	13	mm
β1	=	0,85					
Cot ø	=	1					

TABLE: Element Forces - Frames						Type	Kolom	
Type	Elevasi	AS	V2	T	M3		L	b
Text	m	Text	Kgf	Kgf-m	Kgf-m		mm	mm

B2	+3,5	12-B'	29.419	-	15.000.400	B2	3.500	300
B2	+6,5	12-B'	29.419	-	15.000.400	B2	3.000	300
B2	+9,5	12-B'	29.419	-	15.000.400	B2	3.000	300
B2	+12,5	12-B'	29.419	-	15.000.400	B2	3.000	300

Balok				Ln Balok	d	d'		
h	L	b	h				Tu	Tn
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N.mm	N.mm

500	5.400	200	200	5.100	142	58	-	-
500	5.400	200	200	5.100	142	58	-	-
500	5.400	200	200	5.100	142	58	-	-
500	5.400	200	200	5.100	142	58	-	-

							TULANGSA
Vu	Acp	Pcp	Aoh	ph	Tu min	Tu max	Cek
N	mm ²	mm	mm ²	mm	N.mm	N.mm	

29.419	40.000	800	12.100	440	684.653	2.738.613	Tdk Perlu Tul Puntir
29.419	40.000	800	12.100	440	684.653	2.738.613	Tdk Perlu Tul Puntir
29.419	40.000	800	12.100	440	684.653	2.738.613	Tdk Perlu Tul Puntir
29.419	40.000	800	12.100	440	684.653	2.738.613	Tdk Perlu Tul Puntir

AN PUNTIR (TORSI)

$\sqrt{(V_u/(b.d))^2 + ((T_u \cdot Ph)/(1,7 \cdot A_{oh}^2))^2}$	$\phi \cdot ((V_u/(b.d)) + (2 \cdot \sqrt{f_c})/3)$	Kemampuan Dimensi	Pembagian Torsi		
			At/s	Al	Al min
			mm	mm	mm

-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

			TULANGAN LENTUR				
Al/4	n tul	D	Mu	Mn	Tulangan Lentur Tunggal		
	buah		N.mm	N.mm	Rn	m	ρ_b

-	-	13	1.500	1.875	0,00046	16	0,0516
-	-	13	1.500	1.875	0,00046	16	0,0516
-	-	13	1.500	1.875	0,00046	16	0,0516
-	-	13	1.500	1.875	0,00046	16	0,0516

ρ_{\min}	ρ_{\max}	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As Perlu mm ²	n D	As Pakai
0,0035	0,0387	0,0000012	0,0035	99	2 D 16	402
0,0035	0,0387	0,0000012	0,0035	99	2 D 16	402
0,0035	0,0387	0,0000012	0,0035	99	2 D 16	402
0,0035	0,0387	0,0000012	0,0035	99	2 D 16	402

					TULANGAN GESER	
Kontrol Thd As Perlu	a	Cc'	Cs'	Mn	Vu	Vu1
					N	N

OK	32	160.850	160.850	33.815.470	29.419	42.680
OK	32	160.850	160.850	33.815.470	29.419	42.680
OK	32	160.850	160.850	33.815.470	29.419	42.680
OK	32	160.850	160.850	33.815.470	29.419	42.680

Tulangan Geser Tumpuan							
Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max	tidak perlu tulangan geser	geser minimum	geser struktural	Kondisi
N	N	N	N				
25.926	9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural
25.926	9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural
25.926	9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural
25.926	9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural

							Tulangan Ge
Vs Perlu	Av	S _{perlu}	φ - S	Vu	Vu2	Vc	
N	mm ²	mm	mm	N	N	N	

30.981	79	86	φ 10 – 75	29.419	35.985	25.926
30.981	79	86	φ 10 – 75	29.419	35.985	25.926
30.981	79	86	φ 10 – 75	29.419	35.985	25.926
30.981	79	86	φ 10 – 75	29.419	35.985	25.926

geser Lapangan

Vs min	Vs max	2.Vs Max	tidak perlu tulangan geser	geser minimum	geser struktural	Kondisi	Vs Perlu
N	N	N					N
9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural	22.055
9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural	22.055
9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural	22.055
9.467	51.851	103.702	Not OK	Not OK	OK	geser struktural	22.055



Av	S _{perlu}	φ - S
mm ²	mm	mm

79
79
79
79

121
121
121
121

φ 10 – 100
φ 10 – 100
φ 10 – 100
φ 10 – 100

Data Perencanaan:

fc'	=	30	Mpa	φ Lentur	=	0,8	
fyl	=	400	Mpa	φ Geser	=	0,75	
fyv	=	240	Mpa	φ Torsi	=	0,75	
fyt	=	400	Mpa	Ø Lentur	=	16	mm
S sejajar	=	25	mm	Ø Geser	=	10	mm
Decking	=	40	mm	Ø Torsi	=	13	mm
β1	=	0,85					
Cot ø	=	1					

TABLE: Element Forces - Frames						Type	Kolom / Balok Induk		Balok			Ln Balok	d	d'
Frame	Station	OutputCase	V2	T	M3		b	h	L	b	h			
Text	m	Text	Kgf	Kgf-m	Kgf-m		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Balok Bordes Tangga Darurat														
7	0	-2461,56	24615,6	2332,87	4849,63	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
7	1,5	-367,69	3676,9	248,11	885,48		300	500	3000	300	450	2700	392	58
7	3	1524,11	15241,1	2382,5	3869,38		300	500	3000	300	450	2700	392	58
9	0	-1766,9	17669	2500,4	4146,8	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
9	1,5	72,63	726,3	367,56	908,17		300	500	3000	300	450	2700	392	58
9	3	2228,17	22281,7	2404,49	4614,29		300	500	3000	300	450	2700	392	58
12	0	-2664,46	26644,6	2118,02	4293,24	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
12	1,5	-444,81	4448,1	201,03	829,18		300	500	3000	300	450	2700	392	58
12	3	1404,48	14044,8	2126,19	3020,52		300	500	3000	300	450	2700	392	58
14	0	-1643,53	16435,3	2231,52	3286,94	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
14	1,5	147,47	1474,7	336,84	849,06		300	500	3000	300	450	2700	392	58
14	3	2440,46	24404,6	2181,95	4064,71		300	500	3000	300	450	2700	392	58
16	0	-2775,73	27757,3	1797,21	3591,95	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
16	1,5	-482,01	4820,1	133,38	743,21		300	500	3000	300	450	2700	392	58
16	3	1323,68	13236,8	1750,79	2144,05		300	500	3000	300	450	2700	392	58
18	0	-1558,33	15583,3	1837,37	2398,94	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
18	1,5	186,8	1868	272,78	757,9		300	500	3000	300	450	2700	392	58
18	3	2555,59	25555,9	1840,21	3368,31		300	500	3000	300	450	2700	392	58
709	0	-5343,69	53436,9	1799,26	2089,92	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
709	1,5	106,18	1061,8	431,5	1043,69		300	500	3000	300	450	2700	392	58
709	3	3645,22	36452,2	1654,63	1843,16		300	500	3000	300	450	2700	392	58
710	0	-3878,59	38785,9	1675,1	1874,72	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
710	1,5	-263,03	2630,3	407,07	1073,86		300	500	3000	300	450	2700	392	58
710	3	5087,68	50876,8	1855,58	2059,13		300	500	3000	300	450	2700	392	58
870	0	-5371,78	53717,8	1641,32	1919,83	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
870	1,5	-60,87	608,7	366,02	985,85		300	500	3000	300	450	2700	392	58
870	3	3439,48	34394,8	1540,37	1711,97		300	500	3000	300	450	2700	392	58
871	0	-3662,13	36621,3	1555,12	1748,53	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
871	1,5	-86,8	868	341,43	1017,86		300	500	3000	300	450	2700	392	58
871	3	5126,09	51260,9	1689,42	1890,82		300	500	3000	300	450	2700	392	58
1031	0	-1716,77	17167,7	752,81	1620,77	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
1031	1,5	-133,15	1331,5	521,96	1430,84		300	500	3000	300	450	2700	392	58
1031	3	3238,23	32382,3	1017,2	1682,41		300	500	3000	300	450	2700	392	58
1032	0	-3370,05	33700,5	1022,35	1674,67	BB2	300	500	3000	300	450	2700	392	58
1032	1,5	117,1	1171	541,75	1388,7		300	500	3000	300	450	2700	392	58
1032	3	1651,85	16518,5	758,2	1556,18		300	500	3000	300	450	2700	392	58

Daerah	TULANGAN PUNTIR (TORSI)														
	Tu	Tn	Vu	Acp	Pcp	Aoh	Ph	Tu min	Tu max	Cek	$\sqrt{(Vu/(b.d))^2 + ((Tu.Ph)/(1.7.Aoh^2))^2}$	$\theta, ((Vc/(b.d)) + (2.Vc^3/3))$	Kemampuan Dimensi	Pembagian Torsi	
	N.mm	N.mm	N	mm ²	mm	mm ²	mm	N.mm	N.mm					At/s	Al
1/4 Bentang	23328700	31104933	246156	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Tidak Mampu	1	690
Lapangan	2481100	3308133	36769	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
3/4 Bentang	23825000	31766667	152411	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	704
Tump. Kanan	25004000	33338667	176690	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	739
Tump. Kiri	3675600	4900800	7263	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
1/4 Bentang	24044900	32059867	222817	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	711
Lapangan	21180200	28240267	266446	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	626
3/4 Bentang	2010300	2680400	44481	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
Tump. Kanan	21261900	28349200	140448	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	629
Tump. Kiri	22315200	29753600	164353	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	660
1/4 Bentang	3368400	4491200	14747	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
Lapangan	21819500	29092667	244046	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	645
3/4 Bentang	17972100	23962800	277573	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	531
Tump. Kanan	1333800	1778400	48201	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
Tump. Kiri	17507900	23343867	132368	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	2	3	Mampu	1	518
1/4 Bentang	18373700	24498267	155833	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	543
Lapangan	2727800	3637067	18680	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
3/4 Bentang	18402100	24536133	255559	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	1	544
Tump. Kanan	17992600	23990133	534369	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	5	3	Tidak Mampu	1	532
Tump. Kiri	4315000	5753333	10618	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	1	3	Mampu	0	128
1/4 Bentang	16546300	22061733	364522	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	4	3	Tidak Mampu	1	489
Lapangan	16751000	22334667	387859	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	4	3	Tidak Mampu	1	495
3/4 Bentang	4070700	5427600	26303	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
Tump. Kanan	18555800	24741067	508768	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	5	3	Tidak Mampu	1	549
Tump. Kiri	16413200	21884267	537178	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	5	3	Tidak Mampu	1	485
1/4 Bentang	3660200	4880267	6087	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
Lapangan	15403700	20538267	343948	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Tidak Mampu	1	455
3/4 Bentang	15551200	20734933	366213	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	4	3	Tidak Mampu	1	460
Tump. Kanan	3414300	4552400	8680	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Tdk Perlu Tul Puntir	-	-	-	-	-
Tump. Kiri	16894200	22525600	512609	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	5	3	Tidak Mampu	1	500
1/4 Bentang	7528100	10037467	171677	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	2	3	Mampu	0	223
Lapangan	5219600	6959467	13315	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	1	3	Mampu	0	154
3/4 Bentang	10172000	13562667	323823	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	0	301
Tump. Kanan	10223500	13631333	337005	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	3	3	Mampu	0	302
Tump. Kiri	5417500	7223333	11710	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	1	3	Mampu	0	160
1/4 Bentang	7582000	10109333	165185	135000	1500	75600	1140	4159268	16637073	Perlu Tul Puntir	2	3	Mampu	0	224

TULANGAN LENTUR															
Al min	Al/4	n tul	D	Mu	Mn	Rn	m	Pb	Pmin	Pmax	Tulangan Lentur Tunggal		As Perlu	n tul	D
				mm							Pperlu	Ppakai			
80	172	4	D 13	48496300	60620375	1,315	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0034	0,0035	584,0421491	4	D 16
-	0	2	D 13	8854800	11068500	0,240	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0006	0,0035	411,6	4	D 16
66	176	4	D 13	38693800	48367250	1,049	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0027	0,0035	587,7107221	4	D 16
31	185	4	D 13	41468000	51835000	1,124	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0029	0,0035	596,4257081	4	D 16
-	0	2	D 13	9081700	11352125	0,246	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0006	0,0035	411,6	4	D 16
59	178	4	D 13	46142900	57678625	1,251	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0032	0,0035	589,3361889	4	D 16
144	157	4	D 13	42932400	53665500	1,164	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0030	0,0035	568,1607688	4	D 16
-	0	2	D 13	8291800	10364750	0,225	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0006	0,0035	411,6	4	D 16
142	157	4	D 13	30205200	37756500	0,819	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0021	0,0035	568,7646825	4	D 16
110	165	4	D 13	32869400	41086750	0,891	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0023	0,0035	576,5505135	4	D 16
-	0	2	D 13	8490600	10613250	0,230	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0006	0,0035	411,6	4	D 16
125	161	4	D 13	40647100	50808875	1,102	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0028	0,0035	572,8863757	4	D 16
239	133	4	D 13	35919500	44899375	0,974	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0025	0,0035	544,4469888	4	D 16
-	0	2	D 13	7432100	9290125	0,202	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0005	0,0035	411,6	4	D 16
253	129	2	D 13	21440500	26800625	0,581	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0015	0,0035	541,0156941	4	D 16
227	136	4	D 13	23989400	29986750	0,650	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0016	0,0035	547,415554	4	D 16
-	0	2	D 13	7579000	9473750	0,206	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0005	0,0035	411,6	4	D 16
226	136	4	D 13	33683100	42103875	0,913	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0023	0,0035	547,6254824	4	D 16
238	133	4	D 13	20899200	26124000	0,567	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0014	0,0035	544,5985216	4	D 16
643	161	4	D 13	10436900	13046125	0,283	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0007	0,0035	572,2628977	4	D 16
281	122	2	D 13	18431600	23039500	0,500	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0013	0,0035	533,9076953	4	D 16
275	124	2	D 13	18747200	23434000	0,508	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0013	0,0035	535,4208061	4	D 16
-	0	2	D 13	10738600	13423250	0,291	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0007	0,0035	411,6	4	D 16
222	137	4	D 13	20591300	25739125	0,558	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0014	0,0035	548,7616091	4	D 16
285	121	2	D 13	19198300	23997875	0,521	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0013	0,0035	532,9238406	4	D 16
-	0	2	D 13	9858500	12323125	0,267	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0007	0,0035	411,6	4	D 16
315	114	2	D 13	17119700	21399625	0,464	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	525,4617725	4	D 16
310	115	2	D 13	17485300	21856625	0,474	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	526,5520697	4	D 16
-	0	2	D 13	10178600	12723250	0,276	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0007	0,0035	411,6	4	D 16
271	125	2	D 13	18908200	23635250	0,513	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0013	0,0035	536,4793184	4	D 16
548	137	4	D 13	16207700	20259625	0,439	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0011	0,0035	548,5121586	4	D 16
616	154	4	D 13	14308400	17885500	0,388	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0010	0,0035	565,5762342	4	D 16
469	117	2	D 13	16824100	21030125	0,456	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	528,9688579	4	D 16
468	117	2	D 13	16746700	20933375	0,454	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0011	0,0035	528,5881779	4	D 16
610	153	4	D 13	13887000	17358750	0,377	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0009	0,0035	564,1133879	4	D 16
546	137	4	D 13	15561800	19452250	0,422	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0011	0,0035	548,1137381	4	D 16

As Pakai	Kontrol Ins AS Bahan	a	Ce'	Cs'	Mn	Cek Syarat SMPN	S max mm	Cek	Vu	Mnl	Mnr	VuI	Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	246156	122644307,9	122644307,9	337003,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	36769			127616,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	152411	122644307,9	122644307,9	243258,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	176690			267537,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	7263	122644307,9	122644307,9	98110,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	222817			313664,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	266446	122644307,9	122644307,9	357293,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	44481			135328,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	140448	122644307,9	122644307,9	231295,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	164353			255200,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	14747	122644307,9	122644307,9	105594,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	244046			334893,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	277573	122644307,9	122644307,9	368420,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	48201			139048,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	132368	122644307,9	122644307,9	223215,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	155833			246680,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	18680	122644307,9	122644307,9	109527,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	255559			346406,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	534369	122644307,9	122644307,9	625216,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	10618			101465,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	364522	122644307,9	122644307,9	455369,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	387859			478706,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	26303	122644307,9	122644307,9	117150,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	508768			599615,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	537178	122644307,9	122644307,9	628025,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	6087			96934,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	343948	122644307,9	122644307,9	434795,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	366213			457060,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	8680	122644307,9	122644307,9	99527,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	512609			603456,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	171677	122644307,9	122644307,9	262524,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	13315			104162,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	323823	122644307,9	122644307,9	414670,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	337005			427852,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	11710	122644307,9	122644307,9	102557,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851
804,248	OK	21,522	164640	321699,0877	170214719,8	OK	45	1 Lapis	165185			256032,635	107353,621	39200,000	214707,2425	429414,4851

Tulangan Geser Tumpuan															
Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi	Vs Perlu	Av	S _{perlu}	Δ	S		S _{pakai} <d/2	S _{pakai} <200	Vu	Vu2
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	341984,56	78,54	21,61	φ 10 – 0		OK	Not OK		246156	112334,5452
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	62801,89	78,54	117,66	φ 10 – 100		OK	Not OK		36769	42538,87849
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	216991,23	78,54	34,05	φ 10 – 25		OK	Not OK		152411	81086,21183
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	249363,23	78,54	29,63	φ 10 – 25		OK	Not OK		176690	89179,21183
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		7263	32703,54516
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	310865,89	78,54	23,77	φ 10 – 0		OK	Not OK		222817	104554,8785
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	369037,89	78,54	20,02	φ 10 – 0		OK	Not OK		266446	119097,8785
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	73084,56	78,54	101,10	φ 10 – 100		OK	Not OK		44481	45109,54516
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	201040,56	78,54	36,75	φ 10 – 25		OK	Not OK		140448	77098,54516
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	232913,89	78,54	31,72	φ 10 – 25		OK	Not OK		164353	85066,87849
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		14747	35198,21183
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	339171,23	78,54	21,79	φ 10 – 0		OK	Not OK		244046	111631,2118
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	383873,89	78,54	19,25	φ 10 – 0		OK	Not OK		277573	122806,8785
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	78044,56	78,54	94,68	φ 10 – 75		OK	Not OK		48201	46349,54516
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	190267,23	78,54	38,83	φ 10 – 25		OK	Not OK		132368	74405,21183
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	221553,89	78,54	33,35	φ 10 – 25		OK	Not OK		155833	82226,87849
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		18680	36509,21183
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	354521,89	78,54	20,84	φ 10 – 0		OK	Not OK		255559	115468,8785
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		534369	208405,5452
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		10618	33821,87849
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		364522	151789,8785
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		387859	159568,8785
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	48847,23	78,54	151,27	φ 10 – 150		OK	Not OK		26303	39050,21183
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		508768	199871,8785
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		537178	209341,8785
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		6087	32311,54516
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		343948	144931,8785
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		366213	152353,5452
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		8680	33175,87849
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		512609	201152,2118
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	242679,23	78,54	30,45	φ 10 – 25		OK	Not OK		171677	87508,21183
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		13315	34720,87849
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		323823	138223,5452
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	-	-	78,54	-	φ 10 – #VALUE!		#VALUE!	#VALUE!		337005	142617,5452
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK	Not OK		11710	34185,87849
Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	OK	5	234023,23	78,54	31,57	φ 10 – 25		OK	Not OK		165185	85344,21183

Tulangan Geser Lapangan																
Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi	Vs Perlu	Av	S _{perlu}	Δ	S	Syarat	
															S _{perlu} <d/2	S _{perlu} <600
																600
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	42425,772	78,540	174,164	φ 10 – 150		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	51443,550	78,540	143,634	φ 10 – 125		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	41487,994	78,540	178,100	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	56388,883	78,540	131,037	φ 10 – 125		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	46604,883	78,540	158,546	φ 10 – 150		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	170520,439	78,540	43,332	φ 10 – 25		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	95032,883	78,540	77,752	φ 10 – 75		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	105404,883	78,540	70,101	φ 10 – 50		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	159142,217	78,540	46,430	φ 10 – 25		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	171768,883	78,540	43,017	φ 10 – 25		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	85888,883	78,540	86,030	φ 10 – 75		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	95784,439	78,540	77,142	φ 10 – 75		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	160849,328	78,540	45,938	φ 10 – 25		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	76944,439	78,540	96,031	φ 10 – 75		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	82803,106	78,540	89,236	φ 10 – 75		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK	1	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
107353,6213	39200	214707,2425	429414,4851	Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	39200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK

PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK PRECAST (B1)

Data Perencanaan:

fc'	=	30	Mpa	ϕ Lentur	=	0,8	
fyl	=	400	Mpa	ϕ Geser	=	0,75	
fyv	=	240	Mpa	ϕ Torsi	=	0,75	
fyt	=	400	Mpa	ϕ Lentur	=	16	mm
S sejajar	=	25	mm	ϕ Geser	=	10	mm
Decking	=	40	mm	ϕ Torsi	=	13	mm
β l	=	0,85					
Cot θ	=	1					

TABLE: Element Forces - Frames						Type	Kolom			Balok		
Type	Elevasi	AS	V2	T	M3		L	b	h	L	b	h
Text	m	Text	Kgf	Kgf-m	Kgf-m		mm	mm	mm	mm	mm	mm
B1	+3,5	BC-4	4.637	-	4.376	B1	3.500	300	500	4.500	300	350
B1	+6,5	BC-2	4.637	-	4.376	B1	3.000	300	500	4.500	300	350
B1	+9,5	BC-4	4.637	-	4.376	B1	3.000	300	500	4.500	300	350
B1	+12,5	BC-2	4.637	-	4.376	B1	3.000	300	500	4.500	300	350

Ln Balok	d	d'	TULANG									
			Tu	Tn	Vu	Acp	Pcp	Aoh	ph	Tu min	Tu max	Cek
mm	mm	mm	N.mm	N.mm	N	mm ²	mm	mm ²	mm	N.mm	N.mm	
4.200	292	58	-	-	4.637	105.000	1.300	54.600	940	2.903.193	11.612.772	Tdk Perlu Tul Puntir
4.200	292	58	-	-	4.637	105.000	1.300	54.600	940	2.903.193	11.612.772	Tdk Perlu Tul Puntir
4.200	292	58	-	-	4.637	105.000	1.300	54.600	940	2.903.193	11.612.772	Tdk Perlu Tul Puntir
4.200	292	58	-	-	4.637	105.000	1.300	54.600	940	2.903.193	11.612.772	Tdk Perlu Tul Puntir

AN PUNTIR (TORSI)										
$\sqrt{(V_u/(b.d))^2+((T_u.P_h)/(1,7.A_{oh}^2))^2}$	$\phi.((V_u/(b.d))+(2.\sqrt{f_c'}/3))$	Kemampuan Dimensi	Pembagian Torsi				n tul	D	Mu	Mn
			At/s	Al	Al min	Al/4				
			mm	mm	mm	mm	buah		N.mm	N.mm
-	-	-	-	-	-	-	- D 13	4.376	5.470	
-	-	-	-	-	-	-	- D 13	4.376	5.470	
-	-	-	-	-	-	-	- D 13	4.376	5.470	
-	-	-	-	-	-	-	- D 13	4.376	5.470	

TULANGAN LENTUR

Tulangan Lentur Tunggal											
Rn	m	ρ_b	ρ_{min}	ρ_{max}	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As Perlu mm ²	n D	As Pakai	Kontrol Thd As Perlu	a
0,00021	15,6863	0,0516	0,0035	0,0387	0,0000005	0,0035	307	2 D 16	402	OK	21
0,00021	15,6863	0,0516	0,0035	0,0387	0,0000005	0,0035	307	2 D 16	402	OK	21
0,00021	15,6863	0,0516	0,0035	0,0387	0,0000005	0,0035	307	2 D 16	402	OK	21
0,00021	15,6863	0,0516	0,0035	0,0387	0,0000005	0,0035	307	2 D 16	402	OK	21

				Tulangan Geser								
Cc'	Cs'	Mn	Cek Syarat SRPMM	Vu	Vu1	Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max	tidak perlu tulangan geser	geser minimum	geser struktural
				N	N	N	N	N	N			
160.850	160.850	82.915.842	OK	4.637	9.275	79.967	29.200	159.935	319.870	OK	Not OK	Not OK
160.850	160.850	82.915.842	OK	4.637	9.275	79.967	29.200	159.935	319.870	OK	Not OK	Not OK
160.850	160.850	82.915.842	OK	4.637	9.275	79.967	29.200	159.935	319.870	OK	Not OK	Not OK
160.850	160.850	82.915.842	OK	4.637	9.275	79.967	29.200	159.935	319.870	OK	Not OK	Not OK

TULANGAN GESER										
eser Tumpuan							Tulangan Geser Lapangan			
Kondisi	Vs Perlu	Av	S _{perlu}	φ - S	Vu	Vu2	Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max
	N	mm ²	mm	mm	N	N	N	N	N	N
tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	4.637	6.183	79.967	29.200	159.935	319.870
tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	4.637	6.183	79.967	29.200	159.935	319.870
tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	4.637	6.183	79.967	29.200	159.935	319.870
tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	4.637	6.183	79.967	29.200	159.935	319.870

tidak perlu tulangan geser	geser minimum	geser struktural	Kondisi	Vs Perlu	Av	S _{perlu}	φ -	S
				N	mm ²	mm		mm
OK	Not OK	Not OK	tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	
OK	Not OK	Not OK	tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	
OK	Not OK	Not OK	tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	
OK	Not OK	Not OK	tidak perlu tulangan geser	29.200	79	188	φ 10 – 175	

Data Perencanaan:

fc'	=	30	Mpa	φ Lentur	=	0,8	
fyl	=	400	Mpa	φ Geser	=	0,75	
fyv	=	240	Mpa	φ Torsi	=	0,75	
fyt	=	400	Mpa	Ø Lentur	=	16	mm
S sejajar	=	25	mm	Ø Geser	=	10	mm
Decking	=	40	mm	Ø Torsi	=	13	mm
βl	=	0,85					
Cot ø	=	1					

TABLE: Element Forces - Frames						Type	Kolom / Balok Induk		Balok		
Frame	Station	OutputCase	V2	T	M3		b	h	L	b	h
Text	m	Text	Kgf	Kgf-m	Kgf-m		mm	mm	mm	mm	mm
LANTAI 1											
123	0		5708,92	874,56	13127,04	B1	300	500	5400	300	700
123	1,35		3677,44	874,56	4135,49		300	500	5400	300	700
123	2,7		1645,96	874,56	5322,4		300	500	5400	300	700
123	4,05		385,52	874,56	8012,94		300	500	5400	300	700
123	5,4		9967,64	1973,66	15308,83		300	500	5400	300	700
125	0		1868,98	1260,22	9255,35	B1	300	500	2500	300	700
125	0,625		1436,67	633,78	3791,66		300	500	2500	300	700
125	1,25		733,63	446,62	1289,31		300	500	2500	300	700
125	1,875		652,36	581,76	5492,28		300	500	2500	300	700
125	2,5		1229,1	767,95	9970,79		300	500	2500	300	700
129	0		7931,09	1173,34	14541,77	B1	300	500	5400	300	700
129	1,35		4844,23	509,75	4830,93		300	500	5400	300	700
129	2,7		1190,94	611,02	6776,82		300	500	5400	300	700
129	4,05		2320,29	1504,49	7741,54		300	500	5400	300	700
129	5,4		11002,08	1191,92	16794,48		300	500	5400	300	700
133	0		8961,4	1931,19	14158,37	B1	300	500	5400	300	700
133	1,35		4812,06	849,91	6269,7		300	500	5400	300	700
133	2,7		389,03	355,54	6576,2		300	500	5400	300	700
133	4,05		5560,07	222,09	4544,63		300	500	5400	300	700
133	5,4		9549,95	469,21	15536,46		300	500	5400	300	700
134	0		8928,37	562,55	14203,86	B1	300	500	5400	300	700
134	1,35		4773,16	562,55	6338,13		300	500	5400	300	700
134	2,7		420,82	562,55	6550,08		300	500	5400	300	700
134	4,05		5569,5	562,55	4568,24		300	500	5400	300	700
134	5,4		9515,76	956,03	15677,39		300	500	5400	300	700
135	0		8947,89	440,77	14281,55	B1	300	500	5400	300	700
135	1,35		4786,79	320,26	6412,68		300	500	5400	300	700
135	2,7		415,65	216,78	6593,39		300	500	5400	300	700
135	4,05		5578,38	480,37	4623,88		300	500	5400	300	700
135	5,4		9551,63	566,64	15745,35		300	500	5400	300	700

Ln Balok	d	d'	Daerah	Tu	Tn	Vu	Acp	Pcp	Aoh	Ph	Tu min
mm	mm	mm		N.mm	N.mm	N	mm ²	mm	mm ²	mm	N.mm
5100	642	58	Tump. Kiri	8745600	11660800	57089	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	1/4 Bentang	8745600	11660800	36774	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Lapangan	8745600	11660800	16460	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	3/4 Bentang	8745600	11660800	3855	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kanan	19736600	26315467	99676	210000	2000	128100	1640	7548301
2200	642	58	Tump. Kiri	12602200	16802933	18690	210000	2000	128100	1640	7548301
2200	642	58	1/4 Bentang	6337800	8450400	14367	210000	2000	128100	1640	7548301
2200	642	58	Lapangan	4466200	5954933	7336	210000	2000	128100	1640	7548301
2200	642	58	3/4 Bentang	5817600	7756800	6524	210000	2000	128100	1640	7548301
2200	642	58	Tump. Kanan	7679500	10239333	12291	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kiri	11733400	15644533	79311	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	1/4 Bentang	5097500	6796667	48442	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Lapangan	6110200	8146933	11909	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	3/4 Bentang	15044900	20059867	23203	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kanan	11919200	15892267	110021	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kiri	19311900	25749200	89614	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	1/4 Bentang	8499100	11332133	48121	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Lapangan	3555400	4740533	3890	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	3/4 Bentang	2220900	2961200	55601	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kanan	4692100	6256133	95500	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kiri	5625500	7500667	89284	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	1/4 Bentang	5625500	7500667	47732	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Lapangan	5625500	7500667	4208	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	3/4 Bentang	5625500	7500667	55695	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kanan	9560300	12747067	95158	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kiri	4407700	5876933	89479	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	1/4 Bentang	3202600	4270133	47868	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Lapangan	2167800	2890400	4157	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	3/4 Bentang	4803700	6404933	55784	210000	2000	128100	1640	7548301
5100	642	58	Tump. Kanan	5666400	7555200	95516	210000	2000	128100	1640	7548301

TU											
Mu	Mn	Tulangan Lentur Tunggal									
		Rn	m	ρ _b	ρ _{min}	ρ _{max}	ρ _{perlu}	ρ _{pakai}	Tulangan Tarik		
Nmm	Nmm	Nmm ²							As Perlu	n tul	D
									mm ²	buah	
131270400	164088000	1,327	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0034	0,0035	918,7507114	6	D 16
41354900	51693625	0,418	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0011	0,0035	918,7507114	6	D 16
53224000	66530000	0,538	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0014	0,0035	918,7507114	6	D 16
80129400	100161750	0,810	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0021	0,0035	918,7507114	6	D 16
153088300	191360375	1,548	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0040	0,0040	944,945568	6	D 16
92553500	115691875	0,936	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0024	0,0035	894,5477144	6	D 16
37916600	47395750	0,383	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0010	0,0035	674,1	4	D 16
12893100	16116375	0,130	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0003	0,0035	674,1	4	D 16
54922800	68653500	0,555	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0014	0,0035	674,1	4	D 16
99707900	124634875	1,008	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0026	0,0035	925,4412718	6	D 16
145417700	181772125	1,470	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0038	0,0038	955,4071274	6	D 16
48309300	60386625	0,488	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	674,1	4	D 16
67768200	84710250	0,685	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0017	0,0035	674,1	4	D 16
77415400	96769250	0,783	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0020	0,0035	879,2179781	6	D 16
167944800	209931000	1,698	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0044	0,0044	1071,41498	6	D 16
141583700	176979625	1,431	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0037	0,0037	888,0222473	6	D 16
62697000	78371250	0,634	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0016	0,0035	920,2976799	6	D 16
65762000	82202500	0,665	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0017	0,0035	674,1	4	D 16
45446300	56807875	0,459	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	674,1	4	D 16
155364600	194205750	1,571	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0041	0,0041	781,0982563	4	D 16
142038600	177548250	1,436	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0037	0,0037	712,0331744	4	D 16
63381300	79226625	0,641	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0016	0,0035	674,1	4	D 16
65500800	81876000	0,662	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0017	0,0035	674,1	4	D 16
45682400	57103000	0,462	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	674,1	4	D 16
156773900	195967375	1,585	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0041	0,0041	1027,964424	6	D 16
142815500	178519375	1,444	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0037	0,0037	716,048314	4	D 16
64126800	80158500	0,648	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0016	0,0035	674,1	4	D 16
65933900	82417375	0,667	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0017	0,0035	674,1	4	D 16
46238800	57798500	0,467	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0012	0,0035	674,1	4	D 16
157453500	196816875	1,592	15,686	0,052	0,0035	0,0387	0,0041	0,0041	791,9621144	4	D 16

JLANGAN LENTUR

Tulangan Tekan					Kontrol Thd As Perlu	a	Cc'	Cs'	Mn	Cek Syarat SPDMM	S max
As Pakai	As Perlu	n tul	D	As Pakai							mm
mm ²	mm ²	buah		mm ²		mm	N	N	N.mm		
1206,372	244,651	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	244,651	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	244,651	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	244,651	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	175,674	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	220,448	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
1206,372	251,341	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	225,900	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
1206,372	205,118	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	224,734	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	178,339	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
1206,372	246,198	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
1206,372	239,538	2	D 16	402,124	OK	42,052	321699,0877	160849,5439	293702875,8	OK	21
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45
804,248	0,000	2	D 16	402,124	OK	21,026	160849,5439	160849,5439	195510522,8	OK	45

	Cek										
Cek Tulangan Tarik	1/3.As Tarik	As Tekan	1/3. As Traik ≤ As Tekan	Vu	Mnl	Mnr	Vu1	Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max
				N	N.mm	Nmm	N	N	N	N	N
2 Lapis	402,124	402,124	OK	57089,2	293702875,8	293702875,8	172266,798	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	36774,4			151951,998	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	16459,6			131637,198	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	3855,2			119032,798	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	99676,4			214853,998	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	18689,8	293702875,8	293702875,8	285692,414	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	14366,7			281369,314	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	7336,3			274338,914	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	6523,6			273526,214	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	12291			279293,614	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	79310,9	293702875,8	293702875,8	194488,498	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	48442,3			163619,898	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	11909,4			127086,998	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	23202,9			138380,498	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	110020,8			225198,398	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	89614	293702875,8	195510522,8	185538,196	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	48120,6			144044,796	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	3890,3			99814,496	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	55600,7			151524,896	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	95499,5			191423,696	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	89283,7	195510522,8	293702875,8	185207,896	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	47731,6			143655,796	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	4208,2			100132,396	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	55695			151619,196	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
2 Lapis	402,124	402,124	OK	95157,6			191081,796	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	89478,9	195510522,8	195510522,8	166149,693	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	47867,9			124538,693	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	4156,5			80827,293	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	55783,8			132454,593	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638
1 Lapis	268,083	402,124	OK	95516,3			172187,093	175818,941	64200,000	351637,8819	703275,7638

Tulangan Geser Tumpuan											
Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi	Vs Perlu	Av	S _{perlu}	Δ	S	S _{pakai} < d/2
						N	mm ²	mm		mm	
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	110653,06	78,54	109,36	φ 10 – 100		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	205104,28	78,54	59,00	φ 10 – 50		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	199340,14	78,54	60,71	φ 10 – 50		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	189966,28	78,54	63,70	φ 10 – 50		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	188882,68	78,54	64,07	φ 10 – 50		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	196572,54	78,54	61,56	φ 10 – 50		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	83499,06	78,54	144,93	φ 10 – 125		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	124445,59	78,54	97,24	φ 10 – 75		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	71565,32	78,54	169,10	φ 10 – 150		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	79412,65	78,54	152,39	φ 10 – 150		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	71124,92	78,54	170,14	φ 10 – 150		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	Not OK	OK	Not OK	4	78956,79	78,54	153,27	φ 10 – 150		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK	2	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK
Not OK	Not OK	OK	Not OK	Not OK	3	64200,00	78,54	188,50	φ 10 – 175		OK

Tulangan Geser Lapangan											
	Vu	Vu2	Vc	Vs min	Vs max	2.Vs Max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5
S _{pakai} <600											
600	N	N	N	N	N	N					
OK	57089,2	77688,94828	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	36774,4	68527,37181	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	16459,6	59365,79534	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	3855,2	53681,45809	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	99676,4	96894,94044	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	18689,8	-77916,11302	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	14366,7	-76737,08575	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	7336,3	-74819,70393	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	6523,6	-74598,05847	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	12291	-76170,98575	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	79310,9	87710,49926	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	48442,3	73789,36593	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	11909,4	57313,74436	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	23202,9	62406,89142	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	110020,8	101560,062	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	89614	83674,0883	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	48120,6	64961,3785	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	3890,3	45014,38046	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	55600,7	68334,75693	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	95499,5	86328,3334	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	89283,7	83525,12948	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	47731,6	64785,94713	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	4208,2	45157,74713	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	55695	68377,28438	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	95157,6	86174,14321	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	89478,9	74930,25381	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	47867,9	56164,50871	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	4156,5	36451,5244	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	55783,8	59734,4244	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	OK	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
OK	95516,3	77653,00283	175818,941	64200	351637,8819	703275,7638	Not OK	OK	Not OK	Not OK	Not OK

Kondisi	Vs Perlu	Av	S _{perlu}	Δ	S	Syarat	
						S _{perlu} < d/2	S _{perlu} < 600
	N	mm ²	mm		mm		600
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
1	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK
2	64200,000	78,540	188,496	φ 10 – 175		OK	OK

PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT KOMPOSIT

Data Perencanaan:

fc'	=	30	Mpa
fyl	=	240	MPa
φ Lentur	=	0,8	
Ø	=	10	mm
Decking	=	20	mm
β1	=	0,85	
B	=	1000	mm

Type	Elevasi	t _{pelat}	Daerah	Mu	Mn	Lx	Ly	dx	dy	Rn	m	ρb	ρmin	ρmax	pperlu	ppakai	As Perlu	Smax	Dipasang Tulangan	
																			Ø	S
				N.mm	N.mm	mm	mm	mm	mm	-	-	-	-	-	-	-	mm ²	mm	mm	mm
A	+3,5	150	Tump X	15653200	19566500	1500	5400	125		1,252	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0054	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	5584400	6980500	1500	5400	125		0,447	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	6639600	8299500	1500	5400		115	0,628	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0026	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	4136300	5170375	1500	5400		115	0,391	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
B	+3,5	150	Tump X	7099600	8874500	2400	4500	125		0,568	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0024	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	3503900	4379875	2400	4500	125		0,280	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	9497000	11871250	2400	4500		115	0,898	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0038	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	2776100	3470125	2400	4500		115	0,262	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
C	+3,5	150	Tump X	13004200	16255250	4200	4500	125		1,040	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0044	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	5766200	7207750	4200	4500	125		0,461	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	10504600	13130750	4200	4500		115	0,993	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0042	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	4036500	5045625	4200	4500		115	0,382	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
D	+3,5	150	Tump X	2565900	2565900	1250	3000	125		0,164	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0007	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	1032600	1032600	1250	3000	125		0,066	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0003	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	3109400	3109400	1250	3000		115	0,235	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0010	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	1202800	1202800	1250	3000		115	0,091	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0004	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
E	+3,5	150	Tump X	2435800	3044750	3000	4200	125		0,195	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0008	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	3030400	3788000	3000	4200	125		0,242	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0010	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	1198800	1498500	3000	4200		115	0,113	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0005	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	1380500	1725625	3000	4200		115	0,130	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0005	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
F	+3,5	150	Tump X	4808000	6010000	1250	3000	125		0,385	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	3254700	4068375	1250	3000	125		0,260	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	6721500	8401875	1250	3000		115	0,635	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0027	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	3065200	3831500	1250	3000		115	0,290	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
A	+6,5	150	Tump X	15801600	19752000	1500	5400	125		1,264	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0054	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	5539100	6923875	1500	5400	125		0,443	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	6352400	7940500	1500	5400		115	0,600	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0025	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	4061600	5077000	1500	5400		115	0,384	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
B	+6,5	150	Tump X	17463900	21829875	2400	4500	125		1,397	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0060	0,0060	748,770	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	5952500	7440625	2400	4500	125		0,476	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0020	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	10976100	13720125	2400	4500		115	1,037	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0044	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	2630200	3287750	2400	4500		115	0,249	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0010	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
C	+6,5	150	Tump X	12750600	15938250	4200	4500	125		1,020	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0043	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	5685800	7107250	4200	4500	125		0,455	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	10516600	13145750	4200	4500		115	0,994	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0042	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	4059300	5074125	4200	4500		115	0,384	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
D	+6,5	150	Tump X	2443400	3054250	1250	3000	125		0,195	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0008	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Lap X	1018100	1272625	1250	3000	125		0,081	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0003	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100	
		150	Tump Y	2949300	3686625	1250	3000		115	0,279	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	
		150	Lap Y	1207400	1509250	1250	3000		115	0,114	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0005	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100	

E	+6,5	150	Tump X	6553900	8192375	3000	4200	125		0,524	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0022	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	3523200	4404000	3000	4200	125		0,282	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	5413100	6766375	3000	4200		115	0,512	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0022	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2228100	2785125	3000	4200		115	0,211	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0009	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
F	+6,5	150	Tump X	4301300	5376625	1250	3000	125		0,344	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0014	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	2900500	3625625	1250	3000	125		0,232	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0010	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	6136100	7670125	1250	3000		115	0,580	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0024	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2585500	3231875	1250	3000		115	0,244	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0010	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
A	+9,5	150	Tump X	16118700	20148375	1500	5400	125		1,289	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0055	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	5517400	6896750	1500	5400	125		0,441	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	6494500	8118125	1500	5400		115	0,614	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0026	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	4080600	5100750	1500	5400		115	0,386	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
B	+9,5	150	Tump X	17744100	22180125	2400	4500	125		1,420	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0061	0,0061	761,148	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	5980900	7476125	2400	4500	125		0,478	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0020	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	10949500	13686875	2400	4500		115	1,035	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0044	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2659600	3324500	2400	4500		115	0,251	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
C	+9,5	150	Tump X	12665000	15831250	4200	4500	125		1,013	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0043	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	5683000	7103750	4200	4500	125		0,455	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	10577800	13222250	4200	4500		115	1,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0043	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	4041900	5052375	4200	4500		115	0,382	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
D	+9,5	150	Tump X	2415800	3019750	1250	3000	125		0,193	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0008	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	1006300	1257875	1250	3000	125		0,081	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0003	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	2864700	3580875	1250	3000		115	0,271	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	1229000	1536250	1250	3000		115	0,116	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0005	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
E	+9,5	150	Tump X	6535000	8168750	3000	4200	125		0,523	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0022	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	3528400	4410500	3000	4200	125		0,282	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	5325600	6657000	3000	4200		115	0,503	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0021	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2233600	2792000	3000	4200		115	0,211	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0009	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
F	+9,5	150	Tump X	4157000	5196250	1250	3000	125		0,333	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0014	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	2811900	3514875	1250	3000	125		0,225	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0009	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	5024500	6280625	1250	3000		115	0,475	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0020	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2481400	3101750	1250	3000		115	0,235	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0010	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
A	+12,5	150	Tump X	15922400	19903000	1500	5400	125		1,274	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0054	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	5520800	6901000	1500	5400	125		0,442	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	6436200	8045250	1500	5400		115	0,608	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0026	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	4070300	5087875	1500	5400		115	0,385	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
B	+12,5	150	Tump X	17884700	22355875	2400	4500	125		1,431	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0061	0,0061	767,364	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	5997200	7496500	2400	4500	125		0,480	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0020	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	10935800	13669750	2400	4500		115	1,034	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0044	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2685300	3356625	2400	4500		115	0,254	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
C	+12,5	150	Tump X	12757000	15946250	4200	4500	125		1,021	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0043	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	5673400	7091750	4200	4500	125		0,454	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0019	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	10761600	13452000	4200	4500		115	1,017	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0043	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	4044500	5055625	4200	4500		115	0,382	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0016	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
D	+12,5	150	Tump X	2422900	3028625	1250	3000	125		0,194	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0008	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	994400	1243000	1250	3000	125		0,080	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0003	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	2784400	3480500	1250	3000		115	0,263	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	1253500	1566875	1250	3000		115	0,118	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0005	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
E	+12,5	150	Tump X	6531300	8164125	3000	4200	125		0,523	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0022	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	3518100	4397625	3000	4200	125		0,281	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	5024500	6280625	3000	4200		115	0,475	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0020	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	2224100	2780125	3000	4200		115	0,210	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0009	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100

F	+12,5	150	Tump X	3731500	4664375	1250	3000	125		0,299	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0013	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Lap X	3655200	4569000	1250	3000	125		0,292	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	729,167	300	φ 10 – 100
		150	Tump Y	5782200	7227750	1250	3000		115	0,547	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0023	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
		150	Lap Y	3613600	4517000	1250	3000		115	0,342	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0014	0,0058	670,833	300	φ 10 – 100
A	+15,5	130	Tump X	9768600	12210750	1500	5400	105		1,108	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0047	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Lap X	3757200	4696500	1500	5400	105		0,426	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0018	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Tump Y	4042500	5053125	1500	5400		95	0,560	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0024	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
		130	Lap Y	2448400	3060500	1500	5400		95	0,339	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0014	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
B	+15,5	130	Tump X	12375400	15469250	2400	4500	105		1,403	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0060	0,0060	631,746	260	φ 10 – 100
		130	Lap X	4126600	5158250	2400	4500	105		0,468	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0020	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Tump Y	7839300	9799125	2400	4500		95	1,086	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0046	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
		130	Lap Y	1905000	2381250	2400	4500		95	0,264	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
C	+15,5	130	Tump X	7923600	9904500	4200	4500	105		0,898	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0038	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Lap X	3727200	4659000	4200	4500	105		0,423	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0018	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Tump Y	7121400	8901750	4200	4500		95	0,986	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0042	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
		130	Lap Y	2934200	3667750	4200	4500		95	0,406	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0017	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
D	+15,5	130	Tump X	1451900	1814875	1250	3000	105		0,165	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0007	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Lap X	609400	761750	1250	3000	105		0,069	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0003	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Tump Y	1848000	2310000	1250	3000		95	0,256	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0011	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
		130	Lap Y	797600	997000	1250	3000		95	0,110	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0005	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
E	+15,5	130	Tump X	4614400	5768000	3000	4200	105		0,523	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0022	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Lap X	2460100	3075125	3000	4200	105		0,279	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0012	0,0058	612,500	260	φ 10 – 125
		130	Tump Y	3976700	4970875	3000	4200		95	0,551	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0023	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
		130	Lap Y	1525000	1906250	3000	4200		95	0,211	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0009	0,0058	554,167	260	φ 10 – 125
Tangga Darurat		150	Tump X	8563800	10704750	1500	2970	125		0,685	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0017	0,0035	437,500	300	φ 16 – 300
		150	Lap X	8463100	10578875	1500	2970	125		0,677	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0017	0,0035	437,500	300	φ 16 – 300
		150	Tump Y	14746600	18433250	1500	2970		115	1,394	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0036	0,0036	412,317	300	φ 16 – 300
		150	Lap Y	14176400	17720500	1500	2970		115	1,340	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0034	0,0035	402,500	300	φ 16 – 300
Bordes Darurat		150	Tump X	6635100	8293875	1750	3000	125		0,531	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0013	0,0035	437,500	300	φ 16 – 300
		150	Lap X	6079100	7598875	1750	3000	125		0,486	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0012	0,0035	437,500	300	φ 16 – 300
		150	Tump Y	12210000	15262500	1750	3000		115	1,154	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0030	0,0035	402,500	300	φ 16 – 300
		150	Lap Y	11456800	14321000	1750	3000		115	1,083	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0028	0,0035	402,500	300	φ 16 – 300
Tangga Utama		150	Tump X	28176700	35220875	1500	2830	125		2,254	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0059	0,0059	738,652	300	φ 16 – 250
		150	Lap X	28038500	35048125	1500	2830	125		2,243	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0059	0,0059	734,845	300	φ 16 – 250
		150	Tump Y	39551100	49438875	1500	2830		115	3,738	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0102	0,0102	1167,762	300	φ 16 – 150
		150	Lap Y	35243200	44054000	1500	2830		115	3,331	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0090	0,0090	1030,059	300	φ 16 – 175
Bordes Utama		150	Tump X	10481300	13101625	1750	3000	125		0,839	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0021	0,0035	437,500	300	φ 16 – 300
		150	Lap X	39418200	49272750	1750	3000	125		3,153	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0084	0,0084	1055,336	300	φ 16 – 175
		150	Tump Y	1847700	2309625	1750	3000		115	0,175	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0004	0,0035	402,500	300	φ 16 – 300
		150	Lap Y	39632500	49540625	1750	3000		115	3,746	15,686	0,0325	0,0035	0,0244	0,0102	0,0102	1170,394	300	φ 16 – 150

Data Perencanaan:

f_c' = 30 Mpa

f_{yl} = 240 MPa

PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT PRECAST

ϕ Lentur = 0,8

\emptyset = 10 mm

Decking = 20 mm

β_1 = 0,85

B = 1000 mm

Type	Elevasi	$t_{\text{pelat precast}}$	Daerah	M_u	M_n	L_x	L_y	d_x
				N.mm	N.mm	mm	mm	mm
A	+3,5	100	Tump X	0	0	1500	5400	75
		100	Lap X	5994000	7492500	1500	5400	75
		100	Tump Y	0	0	1500	5400	
		100	Lap Y	0	0	1500	5400	
A	+6,5	100	Tump X	0	0	1500	5400	75
		100	Lap X	5994000	7492500	1500	5400	75
		100	Tump Y	0	0	1500	5400	
		100	Lap Y	0	0	1500	5400	
A	+9,5	100	Tump X	0	0	1500	5400	75
		100	Lap X	5994000	7492500	1500	5400	75
		100	Tump Y	0	0	1500	5400	
		100	Lap Y	0	0	1500	5400	
A	+12,5	100	Tump X	0	0	1500	5400	75
		100	Lap X	5994000	7492500	1500	5400	75
		100	Tump Y	0	0	1500	5400	
		100	Lap Y	0	0	1500	5400	
A	+15,5	100	Tump X	0	0	1500	5400	75
		100	Lap X	5410800	6763500	1500	5400	75
		100	Tump Y	0	0	1500	5400	
		100	Lap Y	0	0	1500	5400	

dy	Rn	m	ρ_b	ρ_{min}	ρ_{max}	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}
mm	N/mm	-	-	-	-	-	-
	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	1,332	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0057	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	1,332	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0057	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	1,332	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0057	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	1,332	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0057	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
	1,202	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0051	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058
65	0,000	9,412	0,0645	0,0058	0,0484	0,0000	0,0058